



THESIS - TE142599
ANIMASI GERAKAN EXAGGERATION PUKULAN TINJU
BERBASIS PENDEKATAN KURVA BEZIER

AIDIL PRIMASETYA ARMIN
NRP. 2212205004

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Surya Sumpeno, ST. MSc.
Moch. Hariadi, ST. MSc. PhD.

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN JARINGAN CERDAS MULTIMEDIA
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015



THESIS - TE142599
ANIMATION EXAGGERATION MOVEMENT PUNCH
BOXING APPROACH BASED BEZIER CURVE

AIDIL PRIMASETYA ARMIN
NRP. 2212205004

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Surya Sumpeno, ST. MSc.
Moch. Hariadi, ST. MSc. PhD.


MAGISTER PROGRAM
EXPERTISE FIELD OF MULTIMEDIA INTELLIGENT NETWORK
DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
INSTITUTE TECHNOLOGY OF SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015

**Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (M.T.)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**oleh:
Aidil Primasetya Armin
NRP. 2212205004**

**Tanggal Ujian : 15 Juni 2015
Periode Wisuda : September 2015**


Disetujui oleh:


**1. Dr. Surya Sumpeno, ST. MSc.
NIP. 196906131997021003**

(Pembimbing I)


**2. Moch. Hariadi, ST. MSc. PhD.
NIP. 196912091997031002**

(Pembimbing II)


**3. Dr. Eko Mulyanto Yuniarno, S.T., M.T.
NIP. 196806011995121009**

(Penguji)


**4. Dr. I Ketut Eddy Purnama, S.T., M.T.
NIP. 196907301995121001**

(Penguji)


**5. Dr. Supeno Mardi Susiki Nugroho, S.T., M.T.
NIP. 197003131995121001**

(Penguji)

Direktur Program Pascasarjana,



**Prof. Dr. Ir. Adi Soeprijanto, M.T.
NIP. 196404051990021001**

ANIMASI GERAKAN EXAGGERATION PUKULAN TINJU BERBASIS PENDEKATAN KURVA BEZIER

Nama mahasiswa : Aidil Primasetya Armin
NRP : 2212205004
Pembimbing : Dr. Surya Sumpeno, ST. MSc.
Moch. Hariadi, ST. MSc. PhD.

ABSTRAK

Pukulan dapat digunakan sebagai objek gerak yang ditangkap dengan *motion capture* (mocap). Gerakan tersebut banyak di temukan pada olahraga tinju. Data mocap berisi informasi titik-titik koordinat yang mewakili rangka manusia. Titik-titik koordinat tersebut ketika disusun berdasarkan perubahan waktu akan membentuk lintasan gerakan. Gerakan *exaggeration* merupakan salah satu prinsip animasi 2D yang melebih-lebihkan gerakan. Prinsip ini tidak dapat secara langsung diaplikasikan ke dalam animasi 3D berbasis mocap. Karena membutuhkan pengambilan data yang berulang-ulang.

Pada penelitian ini, data mocap dimodifikasi dengan menggunakan rotasi matriks. Modifikasi ini menghasilkan data mocap baru. Animasi gerakan pada data tersebut terlihat *exaggeration* dan tidak alami. Untuk mengembalikan kealamian gerakan tersebut maka digunakan metode interpolasi yaitu kurva linear bezier dan kurva kuadratik bezier.

Hasil percobaan diujikan dengan menggunakan kuesioner kepada 35 responden. Pengujian tersebut yaitu hasil rotasi 15° terhadap sumbu X pada pukulan Cross, responden memilih “Sangat Setuju” sebesar 60,5%. Rotasi 15° terhadap sumbu X pada pukulan Uppercut, responden memilih “Sangat Setuju” sebesar 28,9%. Rotasi 60° terhadap sumbu X pada pukulan Jab, responden memilih “Sangat Setuju” sebesar 68,4%. Rotasi 15° terhadap sumbu X pada pukulan Hook, responden memilih “Sangat Setuju” sebesar 54,1%.

Kata Kunci : Animasi, Exaggeration, Kurva Linear Bezier, Kurva Kuadratik Bezier, Pukulan Tinju.

ANIMATION EXAGGERATION MOVEMENT PUNCH BOXING APPROACH BASED BEZIER CURVE

Nama mahasiswa : Aidil Primasetya Armin
NRP : 2212205004
Pembimbing : Dr. Surya Sumpeno, ST. MSc.
Moch. Hariadi, ST. MSc. PhD.

ABSTRACT

Punch can be used as an object motion captured. The movements are found in the boxing. Mocap data contains information coordinate points representing the human frame. The coordinate points when compiled based on time will form the trajectory of movement. Exaggeration is one of the principles of 2D animation. This principle can not be directly applied to the 3D animation based mocap. Because it need a data record repeatedly. In this study, we modified data mocap by using the rotation matrix. These resulted make new data mocap. When data motion generated, movement that animation looks exaggeration and unnatural. To restore the naturalness of the movement then used interpolation. That method is linear bezier curves and quadratic bezier curves.

Results of the experiment was tested by using questionnaires to 35 respondents. The testing is the result of 15° to the axis of rotation X on a punch Cross, respondents chose "Strongly Agree" amounted to 60.5%. 15° to the axis of rotation X on a punch Uppercut, respondents chose "Strongly Agree" amounted to 28.9%. 60° to the axis of rotation X on a punch Jab, respondents chose "Strongly Agree" amounted to 68.4%. 15° to the axis of rotation X on a punch Hook, respondents chose "Strongly Agree" amounted to 54.1%.

Kata Kunci : Animasi, Exaggeration, Kurva Linear Bezier, Kurva Kuadratik Bezier, Pukulan Tinju.

KATA PENGANTAR

Segala puji kehadiran Allah SWT karena hanya dengan rahmadNya, penyusunan tesis dengan judul **“ANIMASI GERAKAN EXAGGERATION PUKULAN TINJU BERBASIS PENDEKATAN CURVA BEZIER”** ini dapat berjalan dengan lancar. Tesis ini disusun guna memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada bidang konsentrasi Teknologi Permainan, bidang studi Jaringan Cerdas Multimedia, jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis memahami bahwa penyusunan tesis ini tidak lepas dari bantuan dari banyak pihak, oleh karena itu penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada seluruh pihak yang telah membantu proses penyusunan tesis ini, diantaranya:

1. *Buamin dan Sunyamik*, bapak dan ibu penulis, yang telah memberikan dukungan moral dan material tanpa henti untuk melalui masa-masa perkuliahan program Magister. Dukungan mereka yang memberikan kekuatan penulis untuk melalui masa-masa sulit.
2. *Dr. Surya Sumpeno, ST. MSc.* dan *Moch. Hariadi, ST. MSc. PhD.*, pembimbing penulis, yang telah membantu meningkatkan kemampuan belajar dan tingkat kualitas pengetahuan dari penulis.
3. *Beasiswa Fresh Graduate* yang telah membebaskan penulis dari biaya perkuliahan untuk jenjang Magister.
4. Dosen Pengajar Jurusan Teknik Elektro, khususnya bidang keahlian Jaringan Cerdas Multimedia yang telah memberikan pengetahuan baru kepada penulis.
5. Teman-teman S2 Teknologi Permainan angkatan 2012, 2013 yang telah berbagi ilmu dan diskusi serta semangat untuk menyelesaikan jenjang Magister.
6. *Last but not least*, Nora, untuk kebersamaannya hingga detik ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan tesis ini. Saran dan kritik yang membangun dari para pembaca sangat penulis hargai agar dapat dilakukan perbaikan di waktu yang akan datang. Selain itu, penulis mengharapkan akan ada mahasiswa lain yang akan melanjutkan penelitian ini sehingga didapatkan hasil yang lebih bagus lagi.

Penulis

DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	i
Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Magister Teknik (M.T.) di Institut Teknologi Sepuluh Nopember	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian	3
1.5 Kontribusi Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA	5
2.1 Karakter	5
2.2 Prinsip-prinsip Animasi 2D.....	6
2.2.1 Squash and Stretch.....	6
2.2.2 Timing.....	6
2.2.3 Anticipation	7
2.2.4 Staging	8
2.2.5 Follow Through and Overlapping Action.....	8
2.2.6 Straight Ahead Action and Pose to Pose Action	9
2.2.7 Slow In Slow Out.....	10
2.2.8 Arc	10
2.2.9 Secondary Action.....	10
2.2.10 Appeal.....	11
2.2.11 Exaggeration.....	11
2.3 Motion Capture	12
2.3.1 Format File Motion Capture	12

2.3.2	BioVision Hierarki (BVH)	13
2.3.3	Terminologi	14
2.3.3.1	<i>Skeleton</i>	14
2.3.3.2	<i>Bone</i>	14
2.3.3.3	<i>Channel</i> atau <i>Degree of freedom</i> (DOF)	15
2.3.3.4	<i>Frame</i>	15
2.4	Pemodelan Objek 3D	16
2.4.1	Sistem Koordinat Cartesian	16
2.4.2	Kurva	17
2.4.3	Transformasi Objek 3D	18
2.4.3.1	Pergeseran atau Translasi	18
2.4.3.2	Pencerminan atau Refleksi	19
2.4.3.3	Perputaran atau Rotasi	19
2.5	Kurva Bezier	21
2.5.1	Linear Kurva Bezier	21
2.5.2	Kurva Kuadratik Bezier	22
2.5.3	Kubik Kurva Bezier	23
2.6	Memukul	24
BAB 3	METODE PENELITIAN	25
3.1	Diagram Proses Pengerjaan	25
3.2	Penjelasan Proses Pengerjaan	26
3.2.1	Model Karakter Animasi	26
3.2.2	Animasi gerakan	26
3.2.3	Data BVH	27
3.2.4	Penyusunan Titik Koordinat Pada Data BVH Berdasarkan Bone ..	28
3.2.5	Transformasi	29
3.2.6	Rotasi 3D	30
3.3	Interpolasi	30
3.3.1	Kurva Linear Bezier	31
3.3.2	Kurva Kuadratik Bezier	31
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1	Pengujian Pertama	33

4.1.1	Pengujian Terhadap animasi gerakan pukulan Cross	34
4.1.1.1	Rotasi	34
4.1.1.2	Lintasan Gerakan	35
4.1.2	Pengujian Terhadap animasi gerakan pukulan Uppercut	39
4.1.2.1	Rotasi	39
4.1.2.2	Lintasan Gerakan	41
4.1.3	Pengujian Terhadap animasi gerakan pukulan Jab	45
4.1.3.1	Rotasi	45
4.1.3.2	Lintasan Gerakan	46
4.1.4	Pengujian Terhadap animasi gerakan pukulan Hook	50
4.1.4.1	Rotasi	50
4.1.4.2	Lintasan Gerakan	52
4.2	Pengujian Kedua	56
4.2.1	Pukulan Cross	56
4.2.2	Pukulan Uppercut	59
4.2.3	Pukulan Jab	62
4.2.4	Pukulan Hook	65
4.3	Pengujian Ketiga	68
4.3.1	Pengujian Animasi Gerakan Pukulan Cross	68
4.3.2	Pengujian Animasi Gerakan Pukulan Uppercut	70
4.3.3	Pengujian Animasi Gerakan Pukulan Jab	73
4.3.4	Pengujian Animasi Gerakan Pukulan Hook	75
BAB 5	KESIMPULAN	79
5.1	Kesimpulan	79
5.2	Saran	80
	DAFTAR PUSTAKA	81
	BIOGRAFI PENULIS	83

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Beberapa Jenis Format File Mocap	12
--	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Karakter Animasi.	5
Gambar 2.2 Karakter Animasi Non-Humanoid yang Berperilaku Layaknya Karakter Humanoid.....	5
Gambar 2.3 Contoh Squash and Stretch pada Animasi Bola Pantul.	6
Gambar 2.4 Contoh Timing pada Animasi Bola yang Dipukul.....	7
Gambar 2.5 Contoh Anticipation pada Pose Karakter Animasi	7
Gambar 2.6 Contoh Staging pada Karakter Animasi.....	8
Gambar 2.7 Contoh Animasi Follow Through and Overlapping Action.....	9
Gambar 2.8 Contoh Animasi Straight Ahead Action and Pose to Pose Action.	9
Gambar 2.9 Contoh Animasi Slow In Slow Out.....	10
Gambar 2.10 Contoh Animasi Arc.	10
Gambar 2.11 Contoh Animasi Secondary Action.....	11
Gambar 2.12 Contoh Appeal.	11
Gambar 2.13 Contoh Animasi Exaggregation.....	12
Gambar 2.14 Contoh Hirarki pada File BVH.	13
Gambar 2.15 Contoh Parent dan Child pada File BVH.....	14
Gambar 2.16 Skeleton Pada File BVH.	14
Gambar 2.17 Struktur Hirarki Tulang pada File BVH.	15
Gambar 2.18 Contoh Channel pada Hips(Pinggul).	15
Gambar 2.19 Contoh Frame pada File BVH.	16
Gambar 2.20 Sistem Permodelan Koordinat Cartesian Melalui Ibu Jari.....	17
Gambar 2.21 Rotasi Terhadap Masing-masing Sumbu XYZ.	21
Gambar 2.22 Bentuk Kurva Linear Bezier.	21
Gambar 2.23 Bentuk Kurva Kudratik Bezier.	22
Gambar 2.24 Bentuk Kurva Kubik Bezier.....	23
Gambar 2.25 Teknik Pukulan Dalam Tinju.....	24
Gambar 3.1 Diagram Proses Pengerjaan.	25

Gambar 3.2 Gambar Model.....	26
Gambar 3.3 Animasi Gerakan Yang Dibangkitkan Pada Data BVH.....	27
Gambar 3.4 HIERARCHY dan MOTION Pada Data BVH.	28
Gambar 3.5 Pemetaan Berdasarkan Masing-Masing Tulang Terhadap Sumbu XYZ.....	29
Gambar 3.6 Ilustrasi Transformasi Pada data BVH.	29
Gambar 4.1 Pose Gerakan <i>Exaggeration</i> pada Pukulan Cross	35
Gambar 4.2 Lintasan Gerakan Siku Pada Animasi Gerakan Pukulan Cross.	39
Gambar 4.3 Pose Gerakan <i>Exaggeration</i> Pukulan Uppercut.....	41
Gambar 4.4 Lintasan Gerakan Siku Pada Animasi Gerakan Pukulan Uppercut.	45
Gambar 4.5 Pose Gerakan <i>Exaggeration</i> Pukulan Jab.	46
Gambar 4.6 Lintasan Gerakan Siku Pada Animasi Gerakan Pukulan Jab. ...	50
Gambar 4.7 Pose Gerakan <i>Exaggeration</i> Pukulan Hook.....	51
Gambar 4.8 Lintasan Gerakan Siku Pada Animasi Gerakan Pukulan Hook.	55
Gambar 4.9 Animasi Gerakan Pukulan Cross menggunakan metode Kurva Linear dan Kuadratik Kuadratik.....	59
Gambar 4.10 Animasi Gerakan Pukulan Uppercut menggunakan metode Kurva Linear dan Kuadratik Kuadratik.....	62
Gambar 4.11 Animasi Gerakan Pukulan Jab menggunakan metode Kurva Linear dan Kuadratik Kuadratik.....	65
Gambar 4.12 Animasi Gerakan Pukulan Hook menggunakan metode Kurva Linear dan Kuadratik Kuadratik.....	68
Gambar 4.13 Animasi Gerakan Pukulan Cross Yang diujikan dalam kuesioner	70
Gambar 4.14 Hasil Pengujian Pukulan Cross	70
Gambar 4.15 Animasi Gerakan Pukulan Uppercut Yang diujikan dalam kuesioner	72
Gambar 4.16 Hasil Pengujian Pukulan Uppercut.....	73

Gambar 4.17 Animasi Gerakan Pukulan Jab Yang diujikan dalam kuesioner	74
Gambar 4.18 Hasil Pengujian Pukulan Jab.....	75
Gambar 4.19 Animasi Gerakan Pukulan Hook Yang diujikan dalam kuesioner	77
Gambar 4.20 Hasil Pengujian Pukulan Hook	77

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Pendahuluan

Motion Capture (mocap) merupakan proses perekaman gerakan ke dalam bentuk digital. Hasil rekaman dalam bentuk digital tersebut dapat digunakan dalam berbagai bidang. Seperti dalam bidang militer, data rekaman tersebut dapat digunakan untuk mensimulasi pertempuran dalam medan perang yang dapat membantu prajurit dalam menganalisa dan latihan sebelum melakukan pertempuran sebenarnya. Dalam bidang kesehatan data rekaman tersebut dapat digunakan untuk membantu dalam menganalisa gerakan pada pasien yang mengalami patah tulang. Selain itu, dalam bidang hiburan data rekaman tersebut dapat digunakan untuk menganimasikan karakter animasi yang dapat berperilaku seperti manusia (ZORDAN, 2002), dan lain sebagainya.

Dalam animasi 2D terdapat prinsip-prinsip animasi (Lasseter, 1987). Prinsip tersebut diaplikasikan dalam animasi 3D. Seperti pada penelitian (Ji-yong, 2007) penelitian tersebut membangkitkan animasi gerakan memelar seperti karet pada karakter *non-humanoid*. Animasi Gerakan yang dilakukan oleh karakter animasi tersebut adalah menari. Selain itu penelitian (Chenney, 2002) penelitian tersebut membangkitkan animasi *squash and stretch* yaitu *stretch* ketika menabrak dan *squash* ketika memantul. Animasi tersebut diaplikasikan pada benda berbentuk silinder. Pada penelitian (Unuma. M., 1995) memodelkan gerakan berdasarkan emosi yang diaplikasikan pada karakter animasi. Animasi gerakan yang dilakukan seperti ketika karakter tersebut berjalan dengan emosi lelah maka animasi gerakan yang dilakukan adalah membungkuk ke depan.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk membangkitkan animasi 3D secara *exaggeration*. Metode yang digunakan pun beragam, seperti menggunakan teknik sinyal prosesi dalam penelitian (Unuma. M., 1995) (Williams, 1995) . Selain itu (Kim M. N., 2009) memperkenalkan “*motion drive*” yaitu mengatur parameter tertentu

untuk mewakili pose karakter dan menerapkan kembali ke dalam karakter asli sebagai gerakan *exaggeration*.

Untuk membangkitkan animasi gerakan *exaggeration* yang merupakan salah satu prinsip animasi 2D ke dalam animasi 3D berbasis mocap tidaklah mudah (Ji-yong, 2007). Proses ini dapat memperlambat pembuatan data mocap karena proses perekaman dapat dilakukan berulang-ulang untuk mendapatkan animasi gerakan *exaggeration* yang diinginkan. Salah satu hal yang mungkin dilakukan adalah dengan modifikasi data mocap. Data mocap berisi titik-titik koordinat yang ketika dibangkitkan memunculkan karakter animasi berbentuk kerangka manusia. Titik-titik koordinat tersebut tersusun berdasarkan urutan frame. Urutan tersebut membentuk animasi gerakan. Untuk membangkitkan animasi gerakan *exaggeration* salah satu kemungkinan adalah dengan merotasi salah satu tulang. Rotasi ini memungkinkan terbentuknya gerakan baru yang dapat menjadi gerakan *exaggeration*. Animasi gerakan yang terjadi akibat proses tersebut dapat mempengaruhi bentuk gerakan selanjutnya sehingga dapat terlihat tidak alami. Untuk mengembalikan animasi gerakan tersebut maka ditambahkan metode lain yaitu kurva bezier.

1.2 Perumusan Masalah

Gerakan *Exaggeration* merupakan animasi gerakan berlebihan yang merupakan salah satu prinsip dalam animasi 2D. Prinsip ini dapat diterapkan langsung pada animasi 2D. Sedangkan pada animasi 3D berbasis mocap, prinsip ini akan menyulitkan. Karena pada saat perekaman gerakan, aktor yang merupakan objek pelaku yang di rekam harus dapat menunjukkan gerakan *exaggeration* yang sesuai dengan animasi gerakan yang diinginkan, apa bila gerakan tersebut tidak sesuai, maka perekaman akan dilakukan berulang-ulang sampai mendapatkan animasi gerakan yang diinginkan. Berdasarkan permasalahan di atas maka dapat dirumuskan permasalahan yang di dapat yaitu Menentukan pose gerakan *exaggeration* pada karakter animasi dan mengaplikasikan pose tersebut ke dalam animasi gerakan.

1.3 Batasan Masalah

Untuk membatasi jangkauan pada penelitian ini maka data yang digunakan adalah data file mocap bertipe BVH. Data tersebut kemudian di modifikasi dengan dirotasi terhadap sumbu X, sumbu Y, dan sumbu Z sebesar 15° , 30° , 45° , 60° , 75° , dan 90° . Hasil modifikasi ini diaplikasikan ke dalam karakter animasi dengan wujud manusia dan berjenis kelamin.

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Berdasarkan dari rumusan masalah yang telah diuraikan, maka didapatkan tujuan dan manfaat dari penelitian mengenai animasi gerakan *exaggeration* berbasis kurva bezier. Tujuan yang ingin dicapai adalah memodifikasi data mocap hasil perekaman untuk mendapatkan animasi gerakan *exaggeration*. Sedangkan manfaat yang didapat adalah hasil modifikasi yang didapat akan menunjukkan beberapa bentuk animasi gerakan karena adanya perubahan titik-titik koordinat hasil modifikasi.

1.5 Kontribusi Penelitian

Dalam animasi 3D berbasis mocap, data yang di gunakan merupakan hasil perekaman gerakan pada manusia. Untuk mendapatkan animasi gerakan yang diinginkan maka perekaman dapat dilakukan berulang-ulang.

Diharapkan hasil penelitian dalam pengujian metode dalam animasi gerakan dapat membantu mengaplikasikan prinsip-prinsip animasi 2D kedalam animasi 3D berbasis mocap.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan buku tesis ini terbagi menjadi 5 bab yaitu Pendahuluan, Kajian Pustaka dan Dasar Teori, Metode Penelitian, Hasil dan Pembahasan, dan Kesimpulan. Penjelasan singkat mengenai masing-masing bab adalah sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan motivasi penelitian, permasalahan yang menjadi landasan untuk melakukan penelitian, perumusan dari topik permasalahan, serta tujuan dan manfaat dari penelitian yang dilakukan. Selain itu, dijelaskan pula metodologi penelitian yang digunakan serta sistematika laporan.

BAB 2 KAJIAN PUSTAKA

Bab ini terdiri dari Kajian Pustaka yang berisi referensi-referensi dari penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian ini meliputi metode, algoritma, dan teknik pemrosesan data serta Dasar Teori yang menjelaskan tentang pemahaman dasar dari penelitian ini meliputi topik yang menjadi permasalahan dan metode yang digunakan.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini membahas metode yang digunakan untuk penelitian meliputi konsep metode. Implementasi teori-teori pada bab 2 akan dijelaskan pada bab ini disertai dengan perancangan model meliputi data yang digunakan, metode yang digunakan. Pencapaian penelitian akan dijelaskan lebih mendalam di bab ini.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan mengenai hasil yang diperoleh dari hasil penelitian mulai dari percobaan dengan modifikasi data BVH dengan menggunakan rotasi dan Kurva bezier disertai dengan pembahasan hasil tersebut.

BAB 5 KESIMPULAN

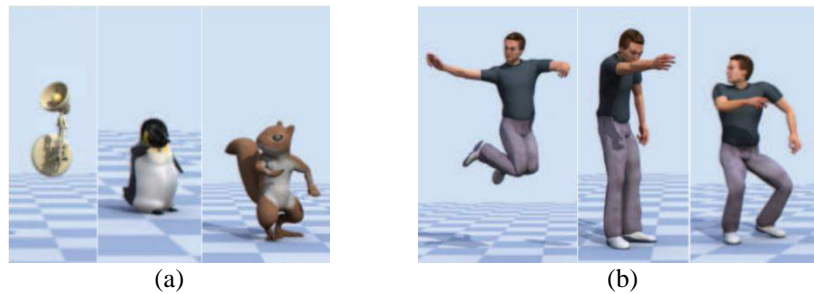
Bab ini menjelaskan mengenai kesimpulan yang didapat dari hasil penelitian meliputi metode yang digunakan, dan hasil. Bab ini juga diberikan sub bab saran yang berisi hal-hal yang bisa dikembangkan untuk melanjutkan penelitian ini.

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Karakter

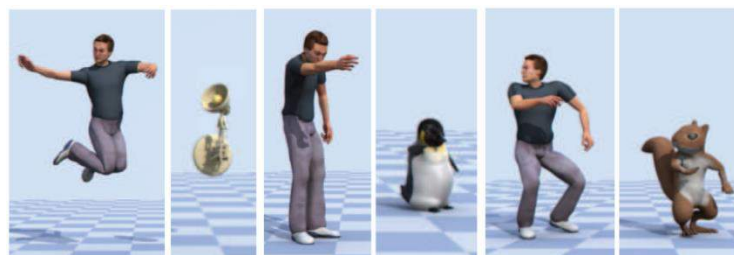
Dalam dunia animasi, karakter dapat berasal dari berbagai bentuk seperti hewan, tumbuhan, atau buatan. Karakter-karakter tersebut dapat dikatakan sebagai karakter non humanoid, tampak seperti Gambar 2.1(a) karakter animasi tersebut memiliki struktur tubuh yang berbeda dengan struktur tubuh manusia.



Gambar 2.1 Karakter Animasi.

Selain ini pada Gambar 2.1(b) dapat dikatakan sebagai karakter animasi humanoid karena karakter animasi tersebut memiliki struktur tubuh yang menyerupai manusia.

Pada karakter animasi non-humanoid, karakter dapat berperilaku seperti layaknya karakter humanoid, tetapi yang membedakan porsi gerakan yang dilakukan berbeda, seperti tampak Gambar 2.2, pada gambar tersebut ketika karakter animasi humanoid dan non humanoid bergerak yang membedakan adalah panjang tangan, panjang kaki, dan besarnya gerakan yang dihasilkan berbeda. Tetapi, gerakan yang dilakukan oleh karakter-karakter tersebut sama.



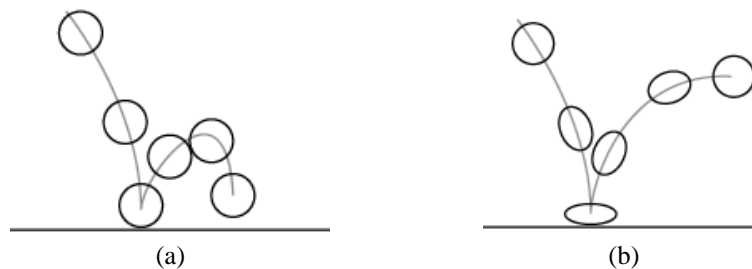
Gambar 2.2 Karakter Animasi Non-Humanoid yang Berperilaku Layaknya Karakter Humanoid.

2.2 Prinsip-prinsip Animasi 2D

Dalam animasi tradisional yg menggunakan gambar tangan, seperti storyboard, key frame animasi, inbetween, scan/print, dan multiplane background merupakan animasi 2D. Animasi ini memiliki prinsip-prinsip animasi (Lasseter, 1987) Prinsip-prinsip tersebut yaitu

2.2.1 Squash and Stretch

Squash and Stretch mendefinisikan kekakuan dan massa suatu benda dengan mendistorsi bentuknya selama tindakan. Hal dilakukan untuk menambahkan efek lentur pada suatu objek atau karakter sehingga seolah olah memuai atau menyusut sehingga memberikan efek gerak yang lebih hidup. seperti pada Gambar 2.3(a) gambar tersebut menggambarkan sebuah bola yang memantul. Bentuk bola yang datang sampai keadaan memantul tidak ada perubahan yaitu berbentuk bulat. Sedangkan pada Gambar 2.3(b) bentuk bola yang datang berbeda dengan bentuk bola ketika mengenai bidang pantul. Bentuk bola yang mengenai bidang pantul seperti tertekan sehingga berbentuk lonjong ke arah samping, ini merupakan *squash*. Kemudian ketika bola akan mengenai dan setelah mengenai bidang pantul bentuk bola lonjong dengan arah lonjongan mendekati arah bidang pantul dan menjauhi bidang pantul setelah mengenai bidang pantul, ini merupakan *stretch*.

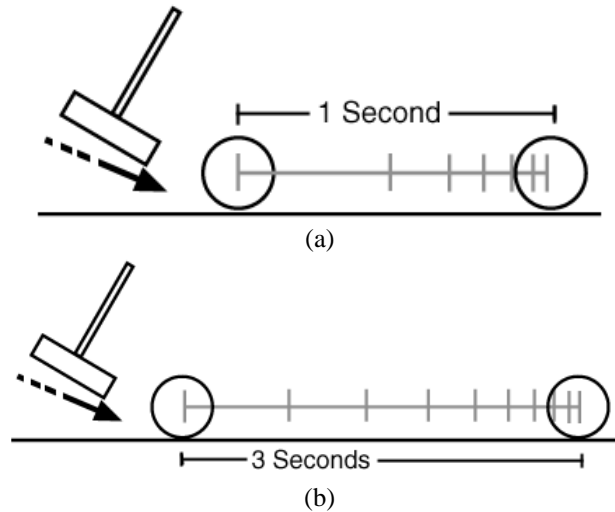


Gambar 2.3 Contoh Squash and Stretch pada Animasi Bola Pantul.

2.2.2 Timing

Timing mendefenisikan tentang penentuan waktu kapan gerakan objek atau karakter dilakukan sehingga akan membawa makna emosional, tampak pada Gambar 2.4(a) sebuah palu dan sebuah bola. Ketika palu di pukulkan kearah bola, seolah-olah

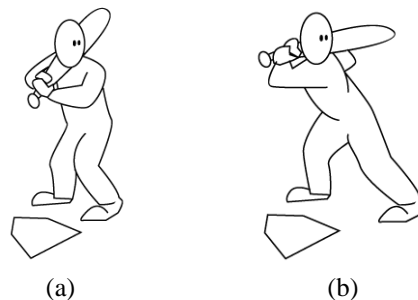
boleh menggelinding. Gerakan tersebut tampak bergerak dengan cepat. Sedangkan pada Gambar 2.4(b) seolah-olah bola yang menggelinding tampak bergerak lambat.



Gambar 2.4 Contoh Timing pada Animasi Bola yang Dipukul.

2.2.3 Anticipation

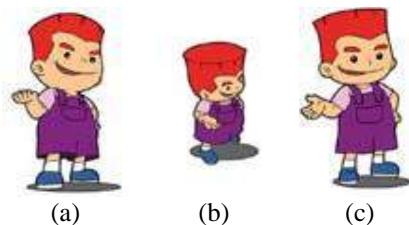
Anticipation merupakan persiapan yang dilakukan untuk mulai melakukan dan setelah melakukan suatu aksi, seperti pada anatomi tubuh ketika melakukan suatu aksi. Dalam hal ini bentuk tubuh ketika akan melakukan suatu aksi atau setelah melakukan suatu aksi, seperti tampak pada Gambar 2.5(a) tampak sebuah karakter yang bersiap melakukan pukulan. Gerakan ini dilakukan sebelum melakukan aksi yaitu bersiap sebelum melakukan pukulan. Sedangkan pada Gambar 2.5(b) karakter tersebut seolah-olah akan menerima datangnya bola. Gerakan ini merupakan setelah melakukan aksi yaitu menerima datangnya bola.



Gambar 2.5 Contoh Anticipation pada Pose Karakter Animasi

2.2.4 Staging

Staging adalah penyajian suatu scene yang menambahkan faktor lingkungan untuk mendukung suasana pada scene tersebut. Biasanya berkaitan dengan posisi kamera saat pengambilan gambar. Pada Gambar 2.6(a) posisi kamera bawah membuat karakter lebih besar dan menakutkan, sedangkan pada Gambar 2.6(b) kamera atas akan membuat karakter akan tampak lebih kecil, dan pada Gambar 2.6(c) kamera berada di samping akan membuat karakter akan tampak lebih dinamis dan menarik.

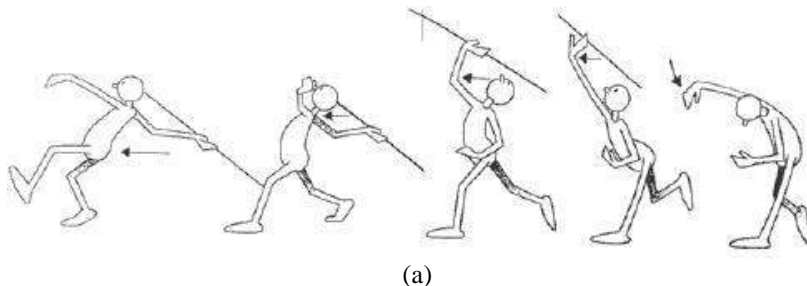


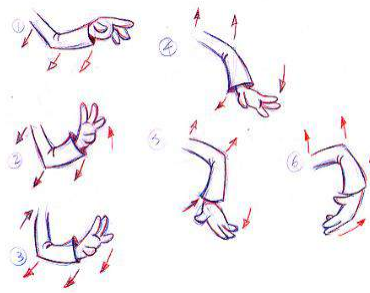
Gambar 2.6 Contoh Staging pada Karakter Animasi

2.2.5 Follow Through and Overlapping Action

Follow Through merupakan suatu tindakan dimana hanya bagian anggota tubuh tertentu yang tetap bergerak meskipun karakter telah berhenti bergerak, seperti pada Gambar 2.7(a) gerakan yang dilakukan yaitu melempar tombak, anggota tubuh yang masih bergerak di tunjukan berdasarkan tanda panah sedangkan anggota tubuh yang lain telah berhenti.

Overlapping Action merupakan gerakan saling mendahului, tampak seperti Gambar 2.7(b) gerakan yang saling silang di tunjukan pada tanda panah yang saling berlawanan ketika anggota tubuh digerakan.





(b)

Gambar 2.7 Contoh Animasi Follow Through and Overlapping Action.

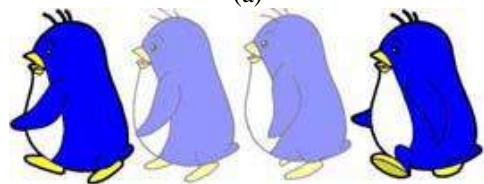
2.2.6 Straight Ahead Action and Pose to Pose Action

Merupakan 2 pendekatan yang berbeda untuk mengkreasikan gerakan ini, yaitu *Straight Ahead* adalah pembuatan animasi yang menggambar pergerakan suatu objek atau karakter dalam bentuk frame per frame. Gambar 2.8(a) menggambarkan bola yang memantul. Bola tersebut di gambar secara utuh mulai dari bola datang sampai mendekati media pantulan hingga bola memantul.

Pose to Pose action adalah pembuatan animasi yang menggambarkan pergerakan suatu objek atau karakter pada frame-frame kunci yang menggambarkan perpindahan yang telah dilakukan, Pada Gambar 2.8(b) menggambarkan karakter pinguin yang seolah-olah bergerak. Perubahan terjadi berdasarkan warna, karakter yang berwarna terang merupakan frame kunci perpindahan dari satu bentuk ke bentuk yang lain. Perbedaan terlihat pada tangan. Sedangkan karakter yang tidak berwarna terang merupakan bentuk transisi perubahan gerakan.



(a)

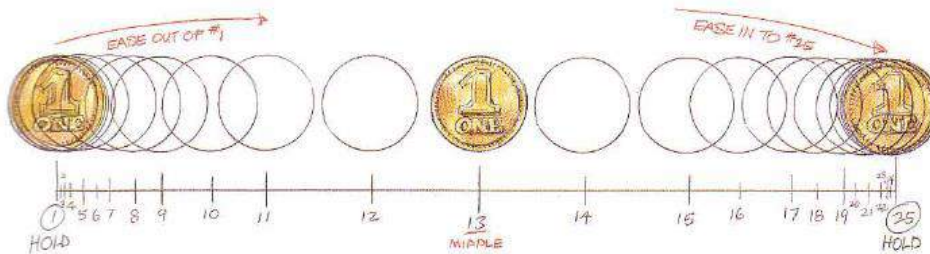


(b)

Gambar 2.8 Contoh Animasi Straight Ahead Action and Pose to Pose Action.

2.2.7 Slow In Slow Out

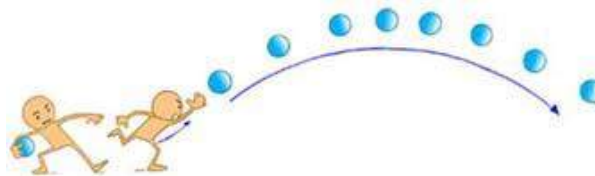
Slow In dan *Slow Out* merupakan penegasan bahwa setiap gerakan memiliki percepatan dan perlambatan yang berbeda-beda. *Slow in* terjadi jika sebuah gerakan diawali secara lambat kemudian menjadi cepat. *Slow out* terjadi jika sebuah gerakan yang relatif cepat kemudian melambat. Tampak pada Gambar 2.9 menggambarkan pergerakan uang koin, pada frame 1 s/d 9 merupakan contoh proses dari pergerakan *slow in* sedangkan pada frame ke 16 s/d ke 25 merupakan contoh proses dari pergerakan *slow out*.



Gambar 2.9 Contoh Animasi Slow In Slow Out.

2.2.8 Arc

Pada animasi, sistem pergerakan tubuh pada karakter seperti manusia, binatang, atau makhluk hidup lainnya akan bergerak mengikuti jalur maya yang disebut *Arc*. Hal ini memungkinkan karakter dapat bergerak secara 'smooth' dan lebih realistis, karena pergerakan karakter tersebut mengikuti suatu jalur maya yang berbentuk lengkung. Gambar 2.10 menggambarkan adanya bentuk lintasan (dalam hal ini tanda panah) yang muncul saat pelemparan bola dan lintasan gerak bola di udara.



Gambar 2.10 Contoh Animasi Arc.

2.2.9 Secondary Action

Secondary Action merupakan gerakan tambahan yang bertujuan untuk memperkuat gerakan utama supaya sebuah gerakan animasi tampak lebih realistis. *Secondary Action* tidak bertujuan untuk menjadi 'pusat perhatian' tetapi untuk

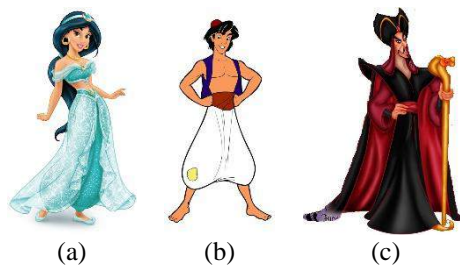
mengalihkan perhatian dari gerakan utama. Gambar 2.11(a) menggambarkan karakter animasi yang sedang berekspresi marah, ekspresi ini dianggap sebagai satu gerakan. Sedangkan 2.11(b) karakter animasi melakukan 2 gerakan yaitu berekspresi marah dan memotong bawang. *Secondary Action* terjadi ketika melakukan gerakan memotong secara bersamaan karakter melakukan ekspresi marah. Inti pada animasi tersebut adalah marah. Sedangkan pengalihnya adalah memotong bawang.



Gambar 2.11 Contoh Animasi Secondary Action.

2.2.10 Appeal

Appeal berkaitan dengan gaya visual pada suatu karakter animasi. Dalam hal ini berupa karakteristik dari karakter tersebut seperti heroik, jahat, atau lucu. Hal ini dapat mempengaruhi penonton sehingga dapat membenci atau menyukai karakter tersebut. Gambar 2.12 (a) menggambarkan karakterteristik lemah lembut, anggun dan cantik. Gambar 2.12(b) menggambarkan karakter yang terlihat ceria. Gambar 2.12(c) menggambarkan karakter yang terlihat jahat.



Gambar 2.12 Contoh Appeal.

2.2.11 Exaggeration

Exaggeration merupakan upaya untuk mendramatisir gerakan animasi yang bersifat hiperbolis. Dibuat sedemikian rupa sehingga terlihat sebagai bentuk ekstrimitas ekspresi tertentu. Gambar 2.13(a) menggambarkan karakter yang sedang

mengangkat barang. Pada gambar tersebut gerakan dilakukan secara normal. Sedangkan pada Gambar 2.13(b) gerakan yang dilakukan terlihat berlebih-lebihan (*exaggeration*) karena ketika akan mengangkat benda gerakan membungkuk terlihat berlebihan begitu pula ketika benda tersebut diangkat, benda diangkat secara berlebihan dan ketika membawa benda terlihat berlebihan.



Gambar 2.13 Contoh Animasi Exaggertion.

2.3 Motion Capture

Motion Capture (Mocap) adalah suatu cara untuk mendigitalkan rekaman pergerakan manusia. Hasil rekaman mocap dipetakan dalam model digital 3D sehingga karakter digital dapat bergerak sesuai dengan hasil rekaman.

2.3.1 Format File Motion Capture

Dalam mendigitalkan gerakan manusia terdapat beberapa format file yang dihasilkan, tetapi format file tersebut bergantung pada media yang digunakan untuk merekam gerakan. Tabel 1 merupakan contoh beberapa format file dan sumber yang menggunakan data file tersebut (Meredith, 2001).

Tabel 1 Beberapa Jenis Format File Mocap

File Extension	Associated Company / Description	File Format Reference
ASC	Ascension	NO LINK
ASF & AMC	Acclaim	http://www.darwin3d.com/gamedev/acclaim.zip
ASK & SDL	BioVision/Alias	NO LINK
BVA & BVH	BioVision	http://www.biovision.com/bvh.html
BRD	LambSoft Magnetic Format	http://www.dcs.shef.ac.uk/~mikem/fileformats/brd.html
C3D	Biomechanics, Animation and Gait Analysis	http://www.c3d.org/c3d_format.htm
CSM	3D Studio Max, Character Studio	http://www.dcs.shef.ac.uk/~mikem/fileformats/csm.html
DAT	Polhemous	NO LINK
GTR, HTR & TRC	Motion Analysis	http://www.cs.wisc.edu/graphics/Courses/cs-838-1999/Jeff/{HTR.html, TRC.html}
MOT & SKL	Acclaim-Motion Analysis	(Under Development - http://www.cs.wisc.edu/graphics/Courses/cs-838-1999/Jeff/SKL-MOT.html)

2.3.2 BioVision Hierarki (BVH)

File format BVH merupakan salah satu file format yang di hasilkan dalam *motion capture*, pada file tersebut memiliki data struktur hirarki yang mewakili tulang kerangka. File bvh terdiri atas 2 bagian yaitu bagian pertama merincikan hirarki dan pose awal kerangka, sedangkan bagian kedua menjelaskan data channel untuk setiap frame sebagai bagian gerakan animasi.

Bagian file hirarki dimulai dengan kata kunci HIERARCHY yang diikuti pada baris berikutnya dengan kata kunci ROOT dan nama tulang yang merupakan akar dari hirarki tulang. Kata kunci ROOT menunjukkan awal dari sebuah struktur hirarki tulang baru. Meskipun BVH mengandung banyak kerangka, biasanya hanya untuk satu kerangka yang di tetapkan per file. Gambar 2.14 merupakan penggambaran data file BVH.

```
HIERARCHY
ROOT Carl:Hips
{
    OFFSET 0.000000 0.000000 0.000000
    CHANNELS 6 Xposition Yposition Zposition
    Zrotation Yrotation Xrotation
    JOINT Carl:Spine
```

Gambar 2.14 Contoh Hirarki pada File BVH.

Struktur kerangka dan bone yang telah didefenisikan dalam rekursif, termasuk CHILD yang dirumuskan dalam kurung kurawal, yang dibatasi pada baris sebelumnya dengan kata kunci JOINT (ROOT dalam kasus tulang root) kemudian diikuti nama tulang, seperti tampak pada Gambar 2.15.

Dalam mendefenisikan masing-masing tulang, baris pertama dibatasi oleh kata kunci OFFSET rincian translasi asal bone dengan asal induknya (global dalam kasus root tulang) sepanjang sumbu XYZ. Masing-masing offset memiliki tujuan lebih lanjut dalam mendefenisikan panjang dan arah tulang PARENT. Baris kedua defenisi tulang diawali dengan CHANNEL yang mendefenisikan DOF untuk tulang, seperti tampak pada Gambar 2.15. Pada gambar tersebut “Spine1” merupakan “Parent” dari “Spine2”. Sedangkan “Neck” merupakan “Child” dari “Spine2”.


```

{
    OFFSET 0.000000 9.226300 1.577100
    CHANNELS 3 Zrotation Yrotation Xrotation
    JOINT Carl:Spine1
    {
        OFFSET 0.000000 16.254000 -0.165600
        CHANNELS 3 Zrotation Yrotation Xrotation
        JOINT Carl:Spine2
        {
            OFFSET 0.000000 13.639600 -1.292300
            CHANNELS 3 Zrotation Yrotation Xrotation
            JOINT Carl:Neck
            {

```

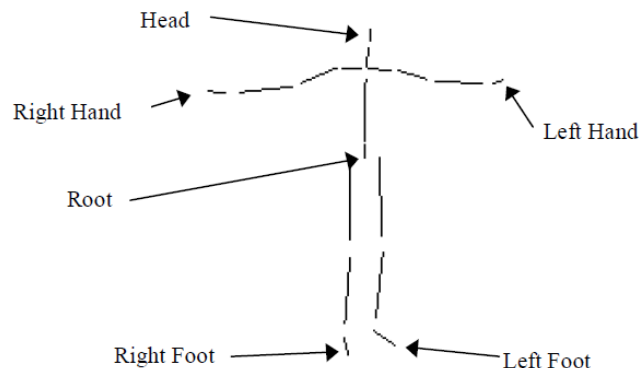
Gambar 2.15 Contoh Parent dan Child pada File BVH.

2.3.3 Terminologi

Daftar berikut akan menguraikan beberapa kata kunci yang penting yang akan digunakan untuk mengidentifikasi dan menjelaskan berbagai aspek dalam motion.

2.3.3.1 *Skeleton*

Skeleton adalah kerangka yang tersusun atas tulang-tulang. Gambar 2.16 merupakan penggambaran tulang yang menyerupai tulang yang ada pada manusia. Tulang ini nantinya akan mewakili gerakan yang dilakukan.

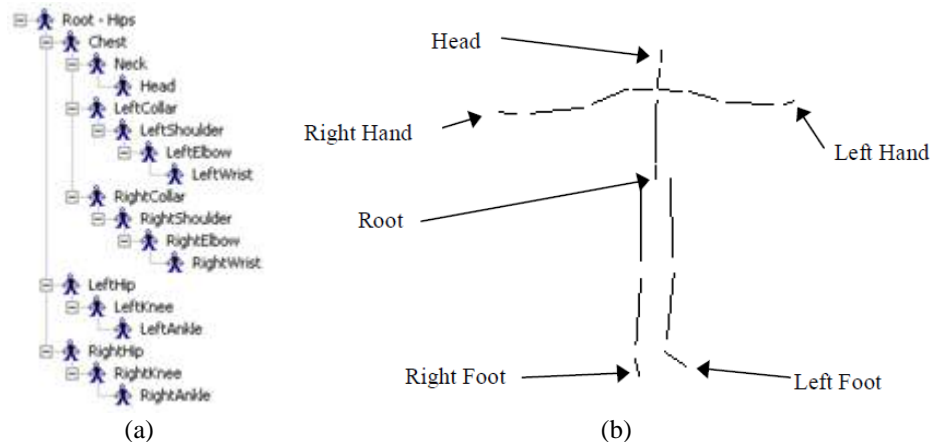


Gambar 2.16 Skeleton Pada File BVH.

2.3.3.2 *Bone*

Entitas dasar yang menggambarkan tulang(*Bone*). Setiap tulang merupakan segment terkecil dalam gerakan yang tergantung pada perubahan translasi dan orientasi individu selama animasi. Sebuah kerangka terdiri dari sejumlah tulang dimana setiap tulang yang berhubungan mewakili bagian tertentu dari karakter. Gambar 2.17(a) merupakan struktur hirarki penyusun tulang. Dimulai dari pinggul kemudian ke atas

yaitu dada, leher, kepala, dan sepasang tangan mulai dari bahu hingga jari tangan. Kemudian ke bawah yaitu sepasang kaki mulai dari paha hingga jari kaki. Sedangkan Gambar 2.17(b) merupakan-penggambaran tulang pada rangka.



Gambar 2.17 Struktur Hirarki Tulang pada File BVH.

2.3.3.3 Channel atau Degree of freedom(DOF)

Setiap tulang dalam kerangka dapat dikenakan posisi, orientasi, dan sekala perubahan selama animasi berlangsung. Masing-masing parameter disebut sebagai *channel* (DOF). Perubahan data channel dari waktu ke waktu menimbulkan animasi. Kolom berwarna merah pada Gambar 2.18 menggambarkan DOF pada *bone* “Hips”.

```

HIERARCHY
ROOT Carl:Hips
{
    OFFSET 0.000000 0.000000 0.000000
    CHANNELS 6 Xposition Yposition Zposition
    Zrotation Yrotation Xrotation
    JOINT Carl:Spine

```

Gambar 2.18 Contoh Channel pada Hips(Pinggul).

2.3.3.4 Frame

Setiap animasi terdiri dari sejumlah frame. Gambar 2.19 menggambarkan jumlah frame pada sebuah data file BVH. Pada gambar tersebut jumlah frame sebanyak 31 frame. Pada setiap frame tersebut, terdapat data *channel*. Data *channel* ini berisi data titik koordinat yang telah didefinisikan untuk setiap tulang. Garis merah pada Gambar 2.19 adalah titik-titik koordinat yang mengisi data *channel*.

```

MOTION
Frames: 31
Frame Time: 0.016667
-0.254200 82.051003 12.862900 17.305000 -75.413902 -18.608999 2.524200 -3.913200
-0.363400 81.758598 12.740200 15.439400 -74.149803 -16.945200 2.406600 -3.991900
-0.487600 81.523499 12.637300 13.481300 -72.706398 -15.234000 2.266700 -4.028100

```

Gambar 2.19 Contoh Frame pada File BVH.

2.4 Pemodelan Objek 3D

Pemodelan objek 3 dimensi adalah suatu metode untuk menggambarkan posisi suatu objek 3 dimensi dalam bentuk geometri dan topologinya sehingga dapat di analisa dan diolah lebih lanjut. Secara umum objek dalam dunia 3 dimensi berupa polihedron, yaitu gambaran objek yang mempunyai ruang 3 dimensi (panjang, lebar, tinggi). Pada sisi-sisi permukaan dibentuk oleh poligon-poligon yang dibentuk dari kumpulan verteks-verteks, yaitu titik koordinat sehingga membentuk lintasan tertutup sederhana. Contoh polihedron adalah balok, piramid, tabung. Sedangkan contoh poligon adalah bujur sangkar, kotak, segitiga, lingkaran.

Geometri objek 3 dimensi berhubungan dengan ukuran, misalnya lokasi titik atau ukuran objek. Topologi digunakan untuk menghubungkan titik-titik koordinat objek sehingga dapat membentuk suatu poligon, kemudian yang terbentuk disusun untuk membentuk objek polihedron yang di maksud. Sehingga diperlukan sistem koordinat untuk membentuk model objek.

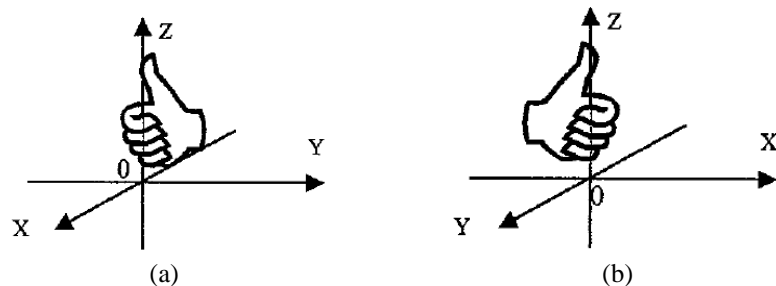
2.4.1 Sistem Koordinat Cartesien

Sistem Koordinat Cartesien atau koordinat siku-siku dalam ruang tiga dimensi meliputi 3 sumbu koordinat, yaitu sumbu X, sumbu Y, sumbu Z. Objek benda akan terletak pada bidang XYZ. Sehingga objek yang tersusun berasal dari titik koordinat yang mempunyai koordinat (x,y,z).

Sistem koordinat Cartesien dalam ruang tiga dimensi dapat digolongkan kedalam dua kategori yakni, sistem tangan kiri dan sistem tangan kanan. Menurut kebiasaan yang baku dalam penggambaran sumbu koordinat cartesien pada sistem tangan kanan sumbu Y dan sumbu Z terletak pada bidang kertas dengan arah positif masing-masing ke kanan dan ke atas. Kemudian sumbu X tegak lurus searah kertas

dengan arah positif menuju arah pengguna. Dinamakan tangan kanan karena jika jari-jari tangan kanan dikepalkan akan melengkung dari sumbu X positif ke arah sumbu Y positif, ibu jari akan mengarah ke sumbu Z positif, seperti tampak pada Gambar 2.20.(a).

Sedangkan sistem tangan kiri memiliki sumbu X dan sumbu Z pada bidang kertas dengan arah positif masing-masing ke kanan dan ke atas. Kemudian sumbu Y tegak lurus searah kertas dengan arah positif menuju arah pengguna. Dinamakan tangan kiri karena jika jari-jari tangan kiri dikepalkan akan melengkung dari sumbu X positif ke arah sumbu Y positif, ibu jari akan mengarah ke sumbu Z positif, seperti tampak pada Gambar 2.20.(b).



Gambar 2.20 Sistem Permodelan Koordinat Cartesian Melalui Ibu Jari.

2.4.2 Kurva

Dalam membangkitkan model 3D dibutuhkan analisa geometri terhadap suatu objek secara terperinci. Objek yang paling sederhana adalah titik, sebuah titik dapat digunakan untuk menempatkan koordinat. Dalam model dimensi 2 titik yang dibutuhkan hanya 2 yaitu titik untuk ketinggian dan titik untuk lebar. sedangkan dalam dimensi 3 titik yang dibutuhkan sebanyak 3, dua diantaranya sama dengan titik pada dimensi 2 yaitu titik ketinggian dan titik lebar di tambah titik ke dalaman. Titik-titik koordinat tersebut sama dengan koordinat cartesian yaitu sumbu X, sumbu Y, dan sumbu Z.

Dalam membangkitkan kurva dapat menggunakan algoritma pembangkit kurva seperti algoritma Bezier (Bezier Algorithm) dan pendekatan dengan menggunakan algoritma penyisipan seperti Algoritma interpolasi (Interpolation Algorithm)

2.4.3 Transformasi Objek 3D

Transformasi geometris pada objek 3D digunakan untuk memperlihatkan realita dari objek yang ditinjau. Aspek penting dalam penyajian transformasi objek dimensi 3 adalah

- a) Sembarang transformasi dapat disajikan ke dalam matriks transformasi.
- b) Transformasi yang lebih rumit dapat dinyatakan oleh sebuah matriks transformasi yang merupakan gabungan dari matriks-matriks transformasi dari transformasi dasar.

Berdasarkan sistem koordinat yang digunakan, setiap titik objek dimensi 3 ditentukan oleh 3 posisi, yaitu posisi terhadap sumbu X, posisi terhadap sumbu Y, dan posisi terhadap sumbu Z.

2.4.3.1 Pergeseran atau Translasi

Pergeseran adalah pergerakan sebuah objek ke lokasi baru dengan menambahkan suatu nilai konstanta untuk setiap titik koordinat yang terdefinisi dalam objek tersebut. Jika $P(p_x, p_y, p_z)$ adalah posisi titik asal, $Q(q_x, q_y, q_z)$ adalah posisi setelah digeser, I adalah matriks identitas, dan tr_x, tr_y, tr_z merupakan nilai konstanta yang menunjukkan besarnya pergeseran pada setiap sumbu koordinat, maka hasil pergeseran dapat dinyatakan sebagai

$$(q_x, q_y, q_z) = (p_x + tr_x, p_y + tr_y, p_z + tr_z)$$

atau

$$q_x = p_x + tr_x$$

$$q_y = p_y + tr_y$$

$$q_z = p_z + tr_z$$

Persamaan matriksnya

$$\begin{bmatrix} q_x \\ q_y \\ q_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} tr_x \\ tr_y \\ tr_z \end{bmatrix}$$

2.4.3.2 Pencerminan atau Refleksi

Pencerminan adalah perubahan suatu objek kedalam kedudukan baru dengan arah tegak lurus terhadap pusat pencerminan yang jaraknya dua kali jarak objek terhadap pusat pencerminan.

Jika P (p_x, p_y, p_z) adalah posisi titik asal, Q (q_x, q_y, q_z) adalah posisi titik setelah dicerminkan terhadap titik T (t_x, t_y, t_z) dapat ditulis sebagai

$$(q_x, q_y, q_z) = (2t_x - p_x, 2t_y - p_y, 2t_z - p_z)$$

Atau

$$q_x = 2t_x - p_x$$

$$q_y = 2t_y - p_y$$

$$q_z = 2t_z - p_z$$

Persamaan Matriksnya

$$\begin{bmatrix} q_x \\ q_y \\ q_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 2t_x \\ 2t_y \\ 2t_z \end{bmatrix}$$

2.4.3.3 Perputaran atau Rotasi

Perputaran adalah perubahan dari suatu koordinat objek ke dalam kedudukan baru dengan menggerakkan seluruh titik koordinat yang didefinisikan pada bentuk awal dengan suatu besaran sudut pada suatu sumbu putar.

Jika Q (q_x, q_y, q_z) adalah posisi setelah rotasi pada suatu Sumbu putar, P (p_x, p_y, p_z) adalah posisi awal sebelum dilakukan rotasi, dan R adalah matriks rotasi pada suatu sumbu putar. Sistem koordinat 3D mempunyai tiga buah sumbu putar, yaitu sumbu X, sumbu Y, dan sumbu Z. Maka rotasi tiap sumbu dapat dituliskan sebagai berikut. Dengan Θ menunjukkan besarnya sudut putar.

a) Rotasi terhadap sumbu X

$$(q_x, q_y, q_z) = (p_x, p_y \cdot \cos\Theta + p_z \cdot \sin\Theta, p_y \cdot (-\sin\Theta) + p_z \cdot \cos\Theta)$$

atau

$$q_x = p_x$$

$$q_y = p_y \cdot \cos\Theta + p_z \cdot \sin\Theta$$

$$q_z = p_y \cdot (-\sin\theta) + p_z \cdot \cos\theta$$

Persamaan matriksnya

$$\begin{bmatrix} q_x \\ q_y \\ q_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta & \sin\theta \\ 0 & -\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

b) Rotasi terhadap sumbu Y

$$(q_x, q_y, q_z) = (p_x \cdot \cos\theta, 1, p_x \cdot \sin\theta + p_z \cdot \cos\theta)$$

atau

$$q_x = p_x \cdot \cos\theta$$

$$q_y = 1$$

$$q_z = p_x \cdot \sin\theta + p_z \cdot \cos\theta$$

Persamaan matriksnya

$$\begin{bmatrix} q_x \\ q_y \\ q_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & 0 & -\sin\theta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin\theta & 0 & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

c) Rotasi terhadap sumbu Z

$$(q_x, q_y, q_z) = (p_x \cdot \cos\theta + p_y \cdot (-\sin\theta), p_x \cdot \sin\theta + p_y \cdot \cos\theta, 1)$$

atau

$$q_x = p_x \cdot \cos\theta + p_y \cdot (-\sin\theta)$$

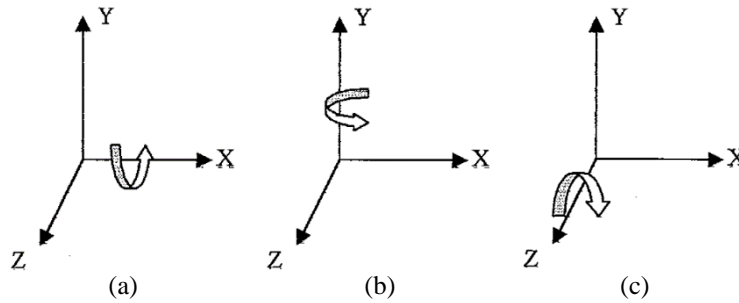
$$q_y = p_x \cdot \sin\theta + p_y \cdot \cos\theta$$

$$q_z = 1$$

Persamaan matriksnya

$$\begin{bmatrix} q_x \\ q_y \\ q_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta & 0 \\ -\sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

Rotasi suatu objek menghasilkan kedudukan baru pada objek tersebut bergantung pada besarnya sudut putar θ , tetapi bentuk dari objek tidak mengalami perubahan. Pada Gambar 2.21(a) menunjukkan rotasi pada sumbu X, gambar 2.21(b) menunjukkan rotasi pada sumbu Y, gambar 2.21(c) menunjukkan rotasi pada sumbu Z.



Gambar 2.21 Rotasi Terhadap Masing-masing Sumbu XYZ.

2.5 Kurva Bezier

Kurva Bezier adalah kurva yang dinyatakan dalam persamaan parametrik, kurva ini sering digunakan dalam komputer grafis. Pada komputer grafis, kurva digunakan untuk memodelkan kurva halus yang dapat di modifikasi tanpa batas. Kurva bezier juga digunakan dalam domain waktu, terutama dalam animasi. Misalnya kurva bezier dapat digunakan untuk menentukan kecepatan dari waktu ke waktu pada suatu objek yang berpindah dari satu titik ke titik yang lain.

Dasar matematika untuk kurva bezier adalah polinomial bernstein yang telah dikenal sejak tahun 1912, tetapi penerapannya untuk grafis baru dipahami setengah abad kemudian. Kurva Bezier dipublikasikan secara luas pada tahun 1962 oleh insinyur perancis, Perre Bezier yang menggunakan kurva tersebut untuk merancang badan mobil di renault.

Kurva Bezier didefinisikan oleh satu set titik kontrol p_0 yang melalui p_n , dimana n disebut urutan ($n=1$ untuk linear, 2 untuk kuadrat, dst). Titik pertama dan terakhir merupakan bagian dari kurva, tetapi ada titik-titik tambahan lain yang berada di luar jalur kurva.

2.5.1 Linear Kurva Bezier

Ada dua titik kontrol yaitu titik awal dan titik akhir yaitu P_0 dan P_1 , dimana kedua titik tersebut membentuk garis. seperti tampak pada Gambar 2.22.



Gambar 2.22 Bentuk Kurva Linear Bezier.

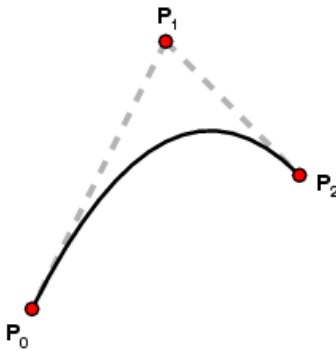
Dengan persamaan sebagai berikut

$$B(t) = P_0 + t(P_1 - P_0) = (1 - t)P_0 + tP_1, t \in [0,1] \quad (2.4)$$

Persamaan 2.4 dapat dijelaskan t dalam fungsi linear kurva bezier dapat dianggap sebagai penggambaran seberapa jauh $B(t)$ dari P_0 menuju P_1 .

2.5.2 Kurva Kuadratik Bezier

Ada tiga titik dimana dua titik sebagai titik kontrol yaitu P_0 dan P_2 , sedangkan titik ke tiga yaitu P_1 sebagai puncak parabola yang dihasilkan oleh kurva. Gambar 2.23 merupakan penggambaran Kurva Kuadratik Bezier. Terdapat 3 buah titik yang menjadi acuan, yaitu P_0, P_1 , dan P_2 . P_0 adalah titik awal, P_2 adalah titik akhir, dan P_1 adalah titik puncak parabola.



Gambar 2.23 Bentuk Kurva Kudratik Bezier.

Dengan persamaan sebagai berikut

$$B(t) = (1 - t)[(1 - t)P_0 + tP_1] + t[(1 - t)P_1 + tP_2], t \in [0,1] \quad (2.5)$$

Persamaan 2.5 dapat dinyatakan sebagai interpolasi kuadratik dari titik yang sesuai pada linear kurva bezier dari P_0 ke P_1 dan dari P_1 ke P_2 dengan mengubah persamaan 2.5 Menjadi

$$B(t) = (1 - t)^2P_0 + 2(1 - t)tP_1 + t^2P_2, t \in [0,1] \quad (2.6)$$

Turunan dari kurva bezier terhadap t

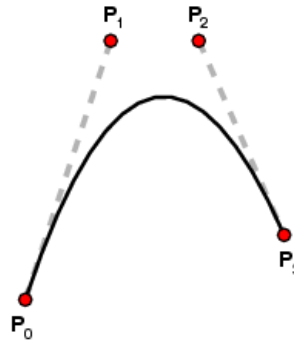
$$B'(t) = 2(1 - t)(P_1 - P_0) + 2t(P_2 - P_1) \quad (2.7)$$

berdasarkan gambar 2.23 ketika titik P_0 akan membentuk garis menuju titik P_2 terjadi perpotongan menuju titik P_1 kemudian titik P_2 hal ini menyebabkan terjadinya perubahan pada t dari 0 ke 1. Turunan kedua dari kurva bezier terhadap t .

$$B''(t) = 2(P_2 - 2P_1 + P_0) \quad (2.8)$$

2.5.3 Kubik Kurva Bezier

Pada kurva bezier ini terdapat empat titik yang digunakan untuk membentuk kurva ini, dimana dua sebagai titik kontrol yaitu P_0 sebagai titik awal dan P_3 sebagai titik akhir, sedangkan P_1 dan P_2 sebagai variasi yang dihasilkan kurva. jarak antara P_0 dan P_1 menentukan lamanya pergerakan kurva dari titik P_2 menuju titik P_3 pada Gambar 2.24 tampak bentuk empat titik pada kubik kurva bezier dan bentuk kurva yang dihasilkan.



Gambar 2.24 Bentuk Kurva Kubik Bezier.

Dengan persamaan sebagai berikut

$$B(t) = (1 - t)B_{P_0P_1P_2}(t) + tB_{P_0P_1P_2}(t), t \in [0,1] \quad (2.9)$$

Bentuk eksplisit dari kurva

$$B(t) = (1 - t)^3P_0 + 3(1 - t)^2tP_1 + 3(1 - t)t^2P_2 + t^3P_3, t \in [0,1] \quad (2.10)$$

Turunan dari kurva kubik bezier terhadap t

$$B'(t) = 3(1 - t)^2(P_1 - P_0) + 6(1 - t)t(P_2 - P_1) + 3t^2(P_3 - P_2) \quad (2.11)$$

Turunan kedua dari kurva kubik bezier terhadap t

$$B''(t) = 6(1 - t)(P_2 - 2P_1 + P_0) + 6t(P_3 - 2P_2 + P_1) \quad (2.12)$$

2.6 Memukul

Memukul merupakan teknik yang digunakan untuk menjatuhkan lawan. Dalam bidang olahraga tinju terdapat beberapa jenis pukulan, seperti jab, cross, hook, dan uppercuts. Bentuk gerakan pukulan dapat di lihat pada Gambar 2.25

a) Pukulan Jab

Pukulan Jab adalah berupa pukulan lurus ke depan, bisa mengarah ke wajah atau badan lawan.

b) Pukulan Uppercut

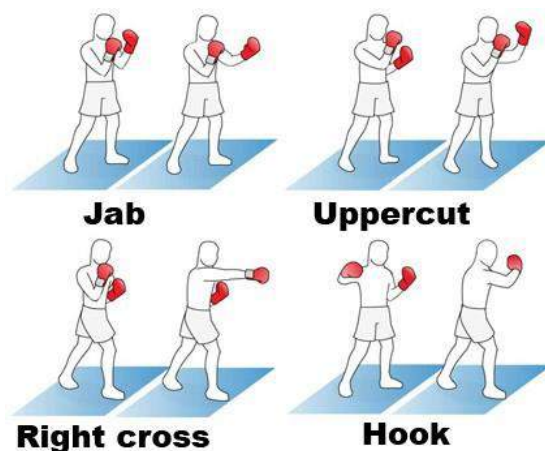
Pukulan Uppercut adalah Pukulan yang dilontarkan dari bawah, posisi tangan dan siku petinju membentuk huruf "V" dengan sasaran utama perut, ulu hati dan dagu lawan.

c) Pukulan Cross

Pukulan Cross adalah Pukulan modifikasi gabungan antara pukulan straight dan upper cut, dengan target rahang atau perut lawan.

d) Pukulan Hook

Pukulan Hook adalah pukulan yang di ayunkan setengah lingkaran dengan tangan mengarah pada sisi kepala lawan atau perut.



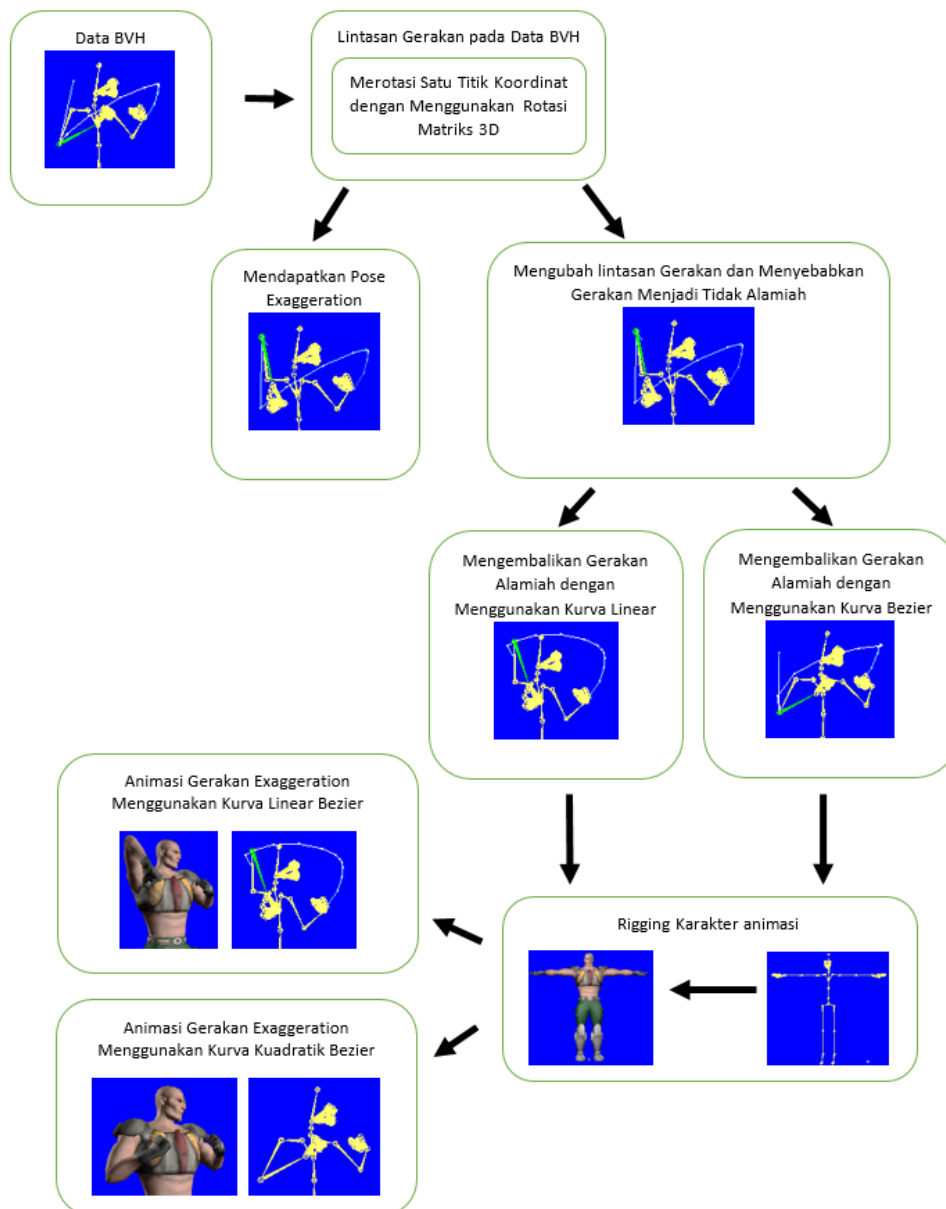
Gambar 2.25 Teknik Pukulan Dalam Tinju.

BAB 3

METODE PENELITIAN

Untuk dapat menyelesaikan permasalahan yang diajukan, dalam bab ini dijelaskan proses pengerjaan dan pendekatan yang dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut.

3.1 Diagram Proses Pengerjaan



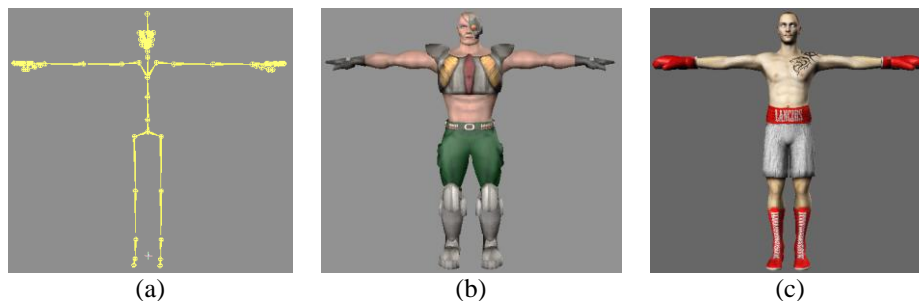
Gambar 3.1 Diagram Proses Pengerjaan.

3.2 Penjelasan Proses Pengerjaan

Pada bagian ini menjelaskan proses pengerjaan sesuai dengan Gambar 3.1 dan data yang digunakan dalam penelitian ini.

3.2.1 Model Karakter Animasi

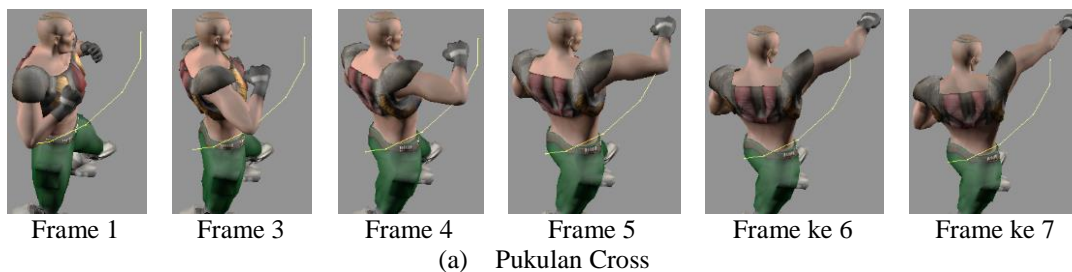
Model karakter ketika data BVH dibangkitkan adalah tulang. Gambar 3.2(a) menunjukkan model yang dibangkitkan dengan menggunakan data BVH. Kendala yang dihadapi adalah gerakan yang dilakukan dengan model tersebut akan membingungkan, karena hanya berupa rangka. Untuk mengatasi hal tersebut maka digunakan model lain. Gambar 3.2(b)(c) menunjukkan model karakter yang memiliki bentuk jelas. Karakter tersebut berwujud manusia dengan jenis kelamin pria.

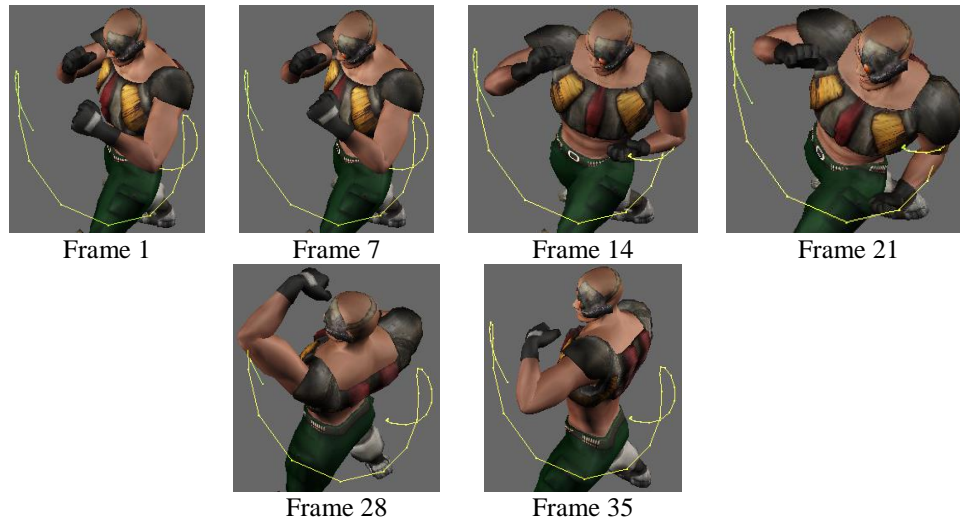


Gambar 3.2 Gambar Model.

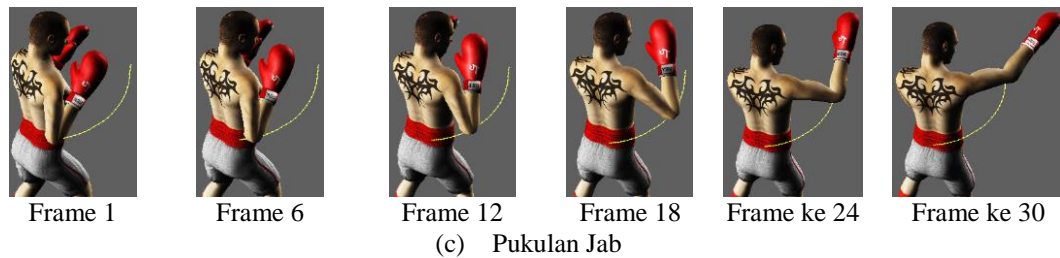
3.2.2 Animasi gerakan

Penelitian ini menggunakan 4 jenis pukulan yang digunakan untuk animasi gerakan, yaitu pukulan Cross, pukulan Uppercut, pukulan Jap, dan pukulan Hook. Gambar 3.3 menunjukkan bentuk animasi gerakan berdasarkan frame. Selain itu, pada gambar tersebut terdapat pula garis berwarna kuning. Garis tersebut adalah lintasan gerakan dari pergerakan tulang siku.

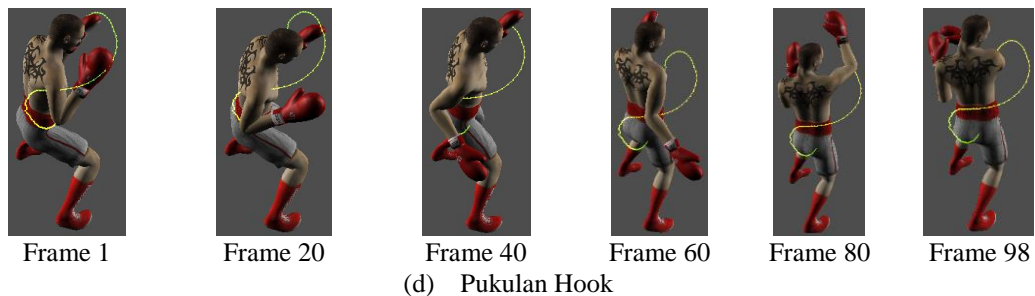




(b) Pukulan Uppercut



(c) Pukulan Jab



(d) Pukulan Hook

Gambar 3.3 Animasi Gerakan Yang Dibangkitkan Pada Data BVH.

3.2.3 Data BVH

Dalam penelitian ini, data mocap yang digunakan adalah BVH. (Hyun-Sook Chung, 2004) File ini terdiri atas 2 bagian yaitu HIERARCHY dan MOTION. Bagian HIERARCHY didefinisikan sebagai struktur kerangka. Gambar 3.4(a) merupakan bagian HIERARCHY pada data BVH. Data tersebut berisi tulang “RightShoulder”, “RightArm”, dan “RightForeArm”.

Sedangkan bagian MOTION adalah titik-titik koordinat yang diterapkan pada masing-masing sendi. Seperti pada Gambar 3.4(b). Nomer 1 pada gambar tersebut

menunjukkan jumlah frame, nomer 2 menunjukkan durasi dalam satu frame, dan nomer 3 menunjukkan data titik koordinat tiap tulang.

```
JOINT Carl:RightShoulder
{
  OFFSET -6.1402 10.1870 -3.7932
  CHANNELS 3 Zrotation Yrotation Xrotation
  JOINT Carl:RightArm
  {
    OFFSET -12.3231 -1.1130 -1.7935
    CHANNELS 3 Zrotation Yrotation Xrotation
    JOINT Carl:RightForeArm
    {
      OFFSET -27.6870 0.0000 0.0000
      CHANNELS 3 Zrotation Yrotation Xrotation
      JOINT Carl:RightHand
      {
```

(a) Bagian HIERARCHY

```
1 → MOTION
2 → Frames: 13
3 → Frame Time: 0.0333333
-3.2646 -3.6762 -0.0327 62.0532 16.6509 29.6020 -180.0000 51.0911 -180.0000
-6.2329 -3.2673 0.0357 56.7662 18.9171 21.8671 -180.0000 50.9775 180.0000
-9.6178 -0.3090 0.3446 46.4237 24.5142 7.8814 -180.0000 55.6175 180.0000
-13.3663 3.4699 0.4218 30.3848 27.6004 -11.9660 -180.0000 73.3407 -180.0000
-18.1853 5.4988 0.0006 17.3596 24.8857 -24.2438 0.0000 75.5407 0.0000
-23.3552 6.2062 -0.6283 10.0558 23.7095 -24.9453 0.0000 39.8075 0.0000
-26.9520 6.3554 -1.0848 8.7916 26.4242 -18.3033 -0.0000 14.3976 -0.0000
-27.9040 5.3074 -1.0754 3.8452 20.9048 -13.0491 -0.0000 29.5564 -0.0000
-25.9108 3.4666 -0.6747 16.9832 21.4400 -13.1429 0.0000 47.8097 0.0000
-22.0892 2.7448 -0.3044 20.7344 23.0216 -13.0174 -0.0000 67.0605 0.0000
-18.2834 3.5631 -0.0077 27.9652 22.5184 -8.4227 -0.0000 86.8421 -0.0000
-15.2320 4.6573 0.3024 38.1533 21.1199 1.5562 180.0000 78.2365 -180.0000
-12.5928 4.7306 0.5776 49.2800 19.4928 14.1180 -180.0000 71.3928 180.0000
```

(b) Bagian MOTION

Gambar 3.4 HIERARCHY dan MOTION Pada Data BVH.

3.2.4 Penyusunan Titik Koordinat Pada Data BVH Berdasarkan Bone

Pada bagian MOTION seperti pada Gambar 3.4 hanya berisi titik-titik koordinat tanpa adanya keterangan yang menunjukkan titik koordinat tersebut bagian dari tulang tertentu. Untuk mengatasi masalah tersebut, maka titik-titik koordinat tersebut disusun berdasarkan masing-masing tulang dan masing-masing sumbu XYZ. Gambar 3.5 menunjukkan bentuk pemetaan yang dilakukan. Nomer 1 pada gambar tersebut merupakan keterangan bone, nomer 2 merupakan keterangan sumbu, nomer 3 merupakan keterangan titik-titik koordinat pada frame ke 1, dan nomer 4 merupakan banyaknya frame dalam animasi gerakan.

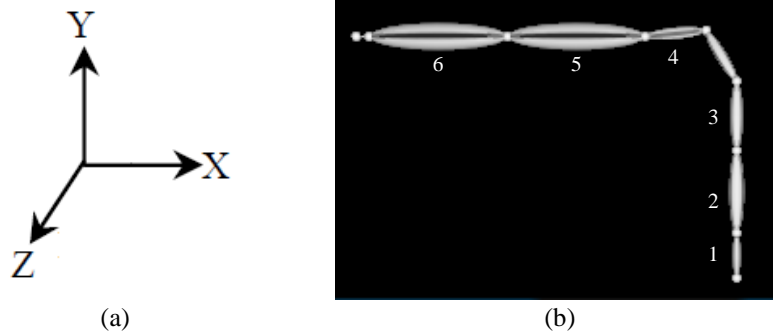
4 → Frame ke-	RightShoulder			RightArm			RightForeArm			→ 1 → 2 → 3
	Z	Y	X	Z	Y	X	Z	Y	X	
1	-3.264600	-3.676200	-0.032700	62.053200	16.650900	29.602000	-180.000000	51.091100	-180.000000	
2	-6.232900	-3.267300	0.035700	56.766200	18.917100	21.867100	-180.000000	50.977500	180.000000	
3	-9.617800	-0.309000	0.344600	46.423700	24.514200	7.881400	-180.000000	55.617500	180.000000	
4	-13.366300	3.469900	0.421800	30.384800	27.600400	-11.966000	-180.000000	73.340700	-180.000000	
5	-18.185300	5.498800	0.000600	17.359600	24.885700	-24.243800	0.000000	75.540700	0.000000	
6	-23.355200	6.206200	-0.628300	10.055800	23.709500	-24.945300	0.000000	39.807500	0.000000	
7	-26.952000	6.355400	-1.084800	8.791600	26.424200	-18.303300	0.000000	14.397600	0.000000	
8	-27.904000	5.307400	-1.075400	13.845200	20.904800	-13.049100	0.000000	29.556400	0.000000	
9	-25.910800	3.466600	-0.674700	16.983200	21.440000	-13.142900	0.000000	47.809700	0.000000	
10	-22.089200	2.744800	-0.304400	20.734400	23.021600	-13.017400	0.000000	67.060500	0.000000	
11	-18.283400	3.563100	-0.007700	27.965200	22.518400	-8.422700	0.000000	86.842100	0.000000	
12	-15.232000	4.657300	0.302400	38.153300	21.119900	1.556200	180.000000	78.236500	-180.000000	
13	-12.592800	4.730600	0.577600	49.280000	19.492800	14.118000	-180.000000	71.392800	180.000000	

Gambar 3.5 Pemetaan Berdasarkan Masing-Masing Tulang Terhadap Sumbu XYZ

Dalam penelitian ini, pemetaan ini berguna untuk pembacaan titik koordinat pada tulang berdasarkan sumbu XYZ.

3.2.5 Transformasi

Animasi gerakan pada data BVH didapat dari translasi dan rotasi. Transformasi ini didapat dari sumbu lokal. Gambar 3.6 menunjukkan ilustrasi terjadi gerakan. Pada Gambar 3.6(a) merupakan sumbu lokal pada masing-masing tulang. Gambar 3.6(b) adalah posisi awal pada rangka. Di sini sebagai ilustrasi rangka yang digunakan berjumlah 6 buah. Nomer 1 merupakan ROOT dari rangka tersebut. Untuk mendapatkan tulang nomer 2 maka dilakukan translasi sejauh L terhadap sumbu Y Sampai pada tulang ke 3. Kemudian untuk mendapatkan tulang ke 4 dilakukan translasi sejauh L terhadap sumbu Y kemudian rotasi sebesar θ terhadap sumbu Z . Kemudian untuk mendapatkan tulang ke 5 dan ke 6, translasi dilakukan sejauh L terhadap sumbu X .



Gambar 3.6 Ilustrasi Transformasi Pada data BVH.

3.2.6 Rotasi 3D

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan animasi gerakan *exaggeration*. Pendekatan pertama yang dilakukan adalah mendapatkan pose *exaggeartion* dari data BVH. Pada data BVH data yang dirotasi adalah frame pertama pada tulang siku atau “RightForeArm”. Rotasi di lakukan sebesar 15° , 30° , 45° , 60° , 75° , dan 90° terhadap masing-masing sumbu XYZ menggunakan persamaan 3.1, 3.2, dan 3.3. Nilai pada p_x, p_y, p_z berisi titik koordinat pada frame pertama berdasarkan sumbu XYZ pada tulang. Sedangkan Θ berisi derajat rotasi yang dilakukan.

a) Rotasi terhadap sumbu X

Persamaan matriksnya

$$\begin{bmatrix} q_x \\ q_y \\ q_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\Theta & \sin\Theta \\ 0 & -\sin\Theta & \cos\Theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \end{bmatrix} \quad 3.1$$

b) Rotasi terhadap sumbu Y

Persamaan matriksnya

$$\begin{bmatrix} q_x \\ q_y \\ q_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\Theta & 0 & -\sin\Theta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin\Theta & 0 & \cos\Theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \end{bmatrix} \quad (3.2)$$

c) Rotasi terhadap sumbu Z

Persamaan matriksnya

$$\begin{bmatrix} q_x \\ q_y \\ q_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\Theta & \sin\Theta & 0 \\ -\sin\Theta & \cos\Theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \end{bmatrix} \quad 3.3$$

Hasil proses ini akan menghasilkan titik koordinat baru. Titik koordinat tersebut kemudian di kembalikan ke dalam frame pertama pada data BVH untuk mengetahui animasi gerakan yang dibangkitkan. Titik koordinat ini akan mempengaruhi bentuk animasi gerakan yang dibangkitkan. Bentuk gerakan terlihat tidak alami karena terjadi loncatan perpindahan antara frame 1 ke frame 2. Proses ini juga memunculkan pose gerakan dapat dinyatakan sebagai pose *exaggeration*.

3.3 Interpolasi

Untuk memperbaiki perubahan yang menyebabkan gerakan menjadi tidak alami maka dilakukan pendekatan kedua yaitu dengan menggunakan interpolasi.

Metode ini bertujuan untuk mengisi titik-titik koordinat yang menyebabkan terjadinya ketidak alman gerakan dan menyusun kembali titik-titik koordinat tersebut. Pendekatan interpolasi yang dilakukan pada metode ini adalah dengan menggunakan Kurva Linear Bezier dan Kurva Kudratik Bezier.

3.3.1 Kurva Linear Bezier

Kurva ini untuk membantu mengembalikan lintasan menjadi alamiah. Proses dilakukan dengan menggunakan data awal yaitu frame pertama hasil rotasi kemudian data tujuan yaitu frame terakhir pada data BVH. Pada proses ini perhitungan dilakukan berdasarkan masing-masing sumbu dengan menggunakan persamaan 3.4, 3.5, dan 3.6.

$$B(t) = P_{0x} + t(P_{1x} - P_{0x}) \quad 3.4$$

$$B(t) = P_{0y} + t(P_{1y} - P_{0y}) \quad 3.5$$

$$B(t) = P_{0z} + t(P_{1z} - P_{0z}) \quad 3.6$$

Dimana $B(t)$ adalah penggambaran sejauh t . t dalam hal ini adalah banyaknya frame pada data BVH. P_{0x}, P_{0y}, P_{0z} adalah titik awal masing-masing sumbu dalam hal ini titik koordinat frame pertama setelah dirotasi sedangkan P_{1x}, P_{1y}, P_{1z} adalah titik akhir pada masing-masing sumbu dalam hal ini titik koordinat akhir.

3.3.2 Kurva Kuadratik Bezier

Selain menggunakan kurva linear, dalam penelitian ini digunakan pula kurva kuadratik. Tujuan yang ingin di capai dengan menggunakan kurva ini adalah ketika animasi gerakan pukulan di lakukan terjadi lengkungan pada pukulan. Hasil ini diharapkan dapat pula dinyatakan sebagai animasi gerakan *exaggeration*. Pada proses ini perhitungan dilakukan berdasarkan masing-masing sumbu dengan menggunakan persamaan.

$$B(t) = (1 - t)^2 P_{0x} + 2(1 - t)tP_{1x} + t^2 P_{2x} \quad 3.7$$

$$B(t) = (1 - t)^2 P_{0y} + 2(1 - t)tP_{1y} + t^2 P_{2y} \quad 3.8$$

$$B(t) = (1 - t)^2 P_{0z} + 2(1 - t)tP_{1z} + t^2 P_{2z} \quad 3.9$$

Dimana $B(t)$ adalah penggambaran sejauh t . t dalam hal ini adalah banyaknya frame pada data BVH. P_{0x}, P_{0y}, P_{0z} adalah titik awal masing-masing sumbu

dalam hal ini titik koordinat frame pertama sebelum dirotasi sedangkan P_{2x}, P_{2y}, P_{2z} adalah titik akhir pada masing-masing sumbu dalam hal ini titik koordinat akhir. P_{1x}, P_{1y}, P_{1z} adalah nilai parabolik. Nilai ini didapat dari hasil rotasi.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini memberikan penjelasan terhadap pengujian yang dilakukan terhadap pendekatan yang digunakan dan memberikan hasil yang didapatkan disertai dengan analisa. Pengujian ini terbagi atas 3 bagian, yaitu:

- Pengujian 1: Rotasi 3D.

Pengujian ini dilakukan dengan merotasi sumbu XYZ frame pertama pada tulang siku (RightForeArm pada data BVH). Proses ini bertujuan untuk mengetahui pose gerakan *exaggeration* pada masing-masing animasi gerakan pukulan tinju.

- Pengujian 2: Kurva Linear Bezier dan Kurva Kuadratik Bezier.

Pengujian ini dilakukan untuk mengembalikan animasi gerakan yang tidak alami hasil dari rotasi. Pada proses ini juga menghasilkan animasi gerakan *exaggeration* berdasarkan pengujian pertama.

- Pengujian 3: Penggunaan kuesioner Online untuk mendapatkan pandangan responden terhadap animasi gerakan *exaggeration* yang telah dibangkitkan

4.1 Pengujian Pertama

Pada pengujian ini, titik koordinat pada frame pertama pada tulang siku (RightForeArm pada data BVH) dirotasi sebesar 15°, 30°, 45°, 60°, 75°, dan 90° terhadap masing-masing sumbu XYZ dengan menggunakan persamaan 4.1, 4.2, 4.3.

- a) Persamaan matriks rotasi terhadap sumbu X

$$\begin{bmatrix} q_x \\ q_y \\ q_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta & \sin\theta \\ 0 & -\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \end{bmatrix} \quad 4.1$$

- b) Persamaan matriks rotasi terhadap sumbu Y

$$\begin{bmatrix} q_x \\ q_y \\ q_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & 0 & -\sin\theta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin\theta & 0 & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \end{bmatrix} \quad 4.2$$

- c) Persamaan matriks rotasi terhadap sumbu Z

$$\begin{bmatrix} q_x \\ q_y \\ q_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta & 0 \\ -\sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \end{bmatrix} \quad 4.3$$

Dimana p_x, p_y, p_z adalah data titik koordinat pada frame pertama. q_x, q_y, q_z adalah data titik koordinat baru hasil rotasi. Hasil rotasi tersebut kemudian dikembalikan sebagai data BVH. Data tersebut kemudian diaplikasikan ke dalam karakter animasi sehingga akan terlihat animasi gerakan ketika data tersebut dibangkitkan.

4.1.1 Pengujian Terhadap animasi gerakan pukulan Cross

4.1.1.1 Rotasi

Pengujian ini merupakan hasil perhitungan rotasi titik koordinat pada frame pertama yang telah dilakukan pada masing-masing sumbu XYZ. Hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 4.1. Pada gambar tersebut tampak perubahan yang terjadi pada tulang siku. Pose ini merupakan data titik koordinat pada frame pertama yang dibangkitkan dari data BVH.



(a) Rotasi terhadap sumbu X.





(b) Rotasi terhadap sumbu Y.



(c) Rotasi terhadap sumbu Z.

Gambar 4.1 Pose Gerakan *Exaggeration* pada Pukulan Cross

4.1.1.2 Lintasan Gerakan

Pada bagian ini data yang ditampilkan adalah frame per frame, dengan tujuan menampilkan animasi gerakan yang tidak alami hasil rotasi titik koordinat frame pertama. Gambar 4.2 adalah animasi gerakan yang dibangkitkan dan telah diaplikasikan ke dalam karakter. Pada gambar tersebut tampak garis berwarna kuning. Garis tersebut adalah lintasan gerakan dari tulang siku. Selain itu ketika frame pertama menuju frame kedua terlihat loncatan perpindahan yang tidak alami sedangkan ketika menuju frame keempat perpindahan terlihat alami. Perubahan ini terjadi karena rotasi yang telah dilakukan pada frame pertama. Ini menjadi masalah yang diselesaikan dengan metode selanjutnya.



Frame ke - 1



Frame ke - 2
15°



Frame ke - 4



Frame ke - 1



Frame ke - 2
30°



Frame ke - 4



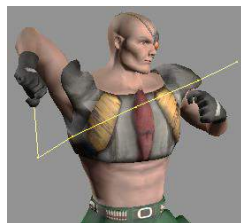
Frame ke - 1



Frame ke - 2
45°



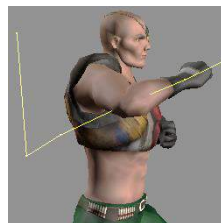
Frame ke - 4



Frame ke - 1



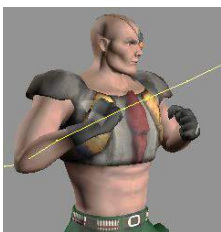
Frame ke - 2
60°



Frame ke - 4



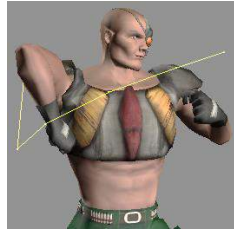
Frame ke - 1



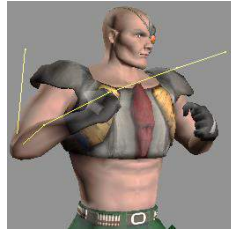
Frame ke - 2
75°



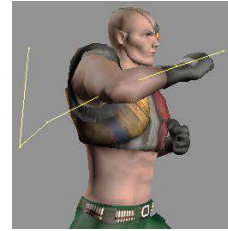
Frame ke - 4



Frame ke - 1



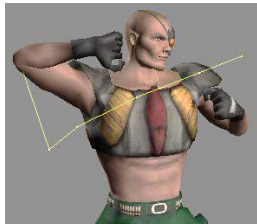
Frame ke - 2



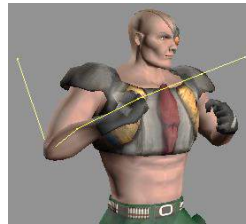
Frame ke - 4

90°

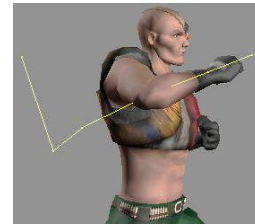
(a) Lintasan Gerakan Siku pada Rotasi terhadap sumbu X.



Frame ke - 1

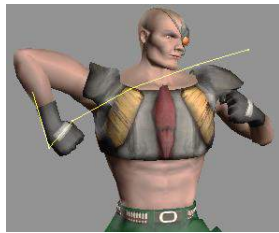


Frame ke - 2

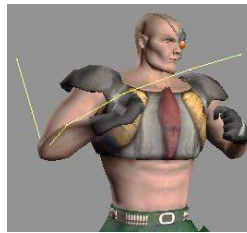


Frame ke - 4

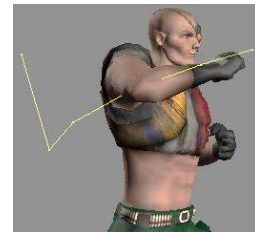
15°



Frame ke - 1



Frame ke - 2



Frame ke - 4

30°



Frame ke - 1



Frame ke - 2

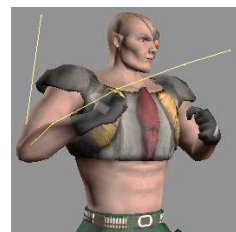


Frame ke - 4

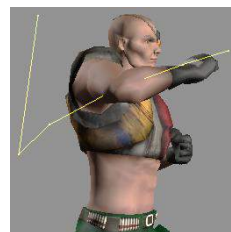
45°



Frame ke - 1



Frame ke - 2



Frame ke - 4

60°



Frame ke - 1



Frame ke - 2
75°



Frame ke - 4



Frame ke - 1



Frame ke - 2
90°

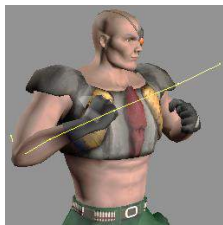


Frame ke - 4

(b) Lintasan Gerakan Siku pada Rotasi terhadap sumbu Y.



Frame ke - 1



Frame ke - 2
15°



Frame ke - 4



Frame ke - 1



Frame ke - 2
30°



Frame ke - 4



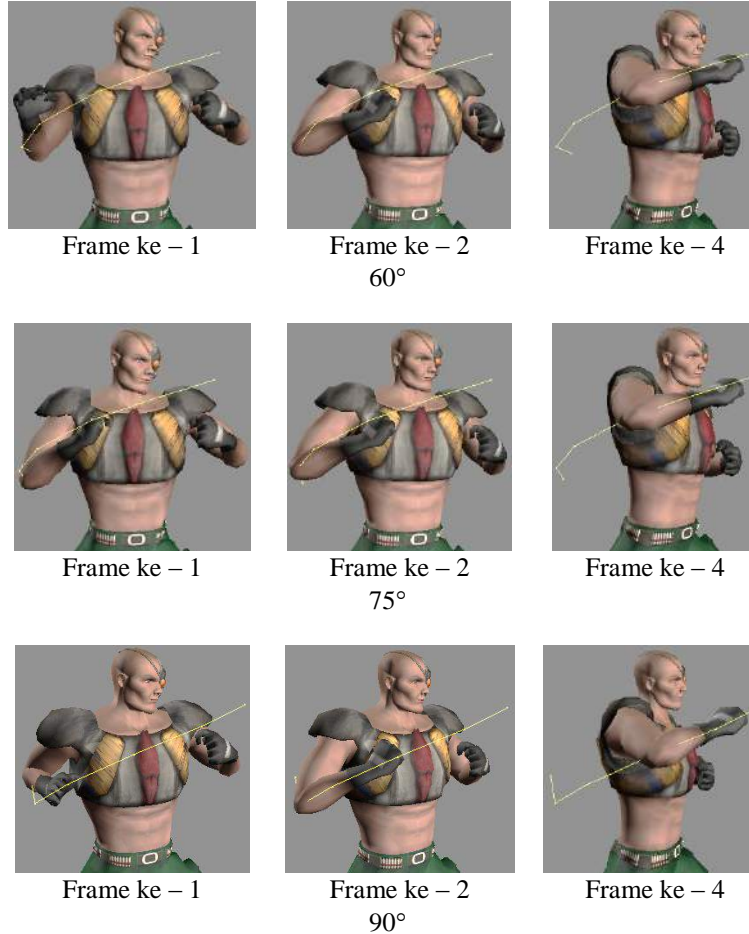
Frame ke - 1



Frame ke - 2
45°



Frame ke - 4

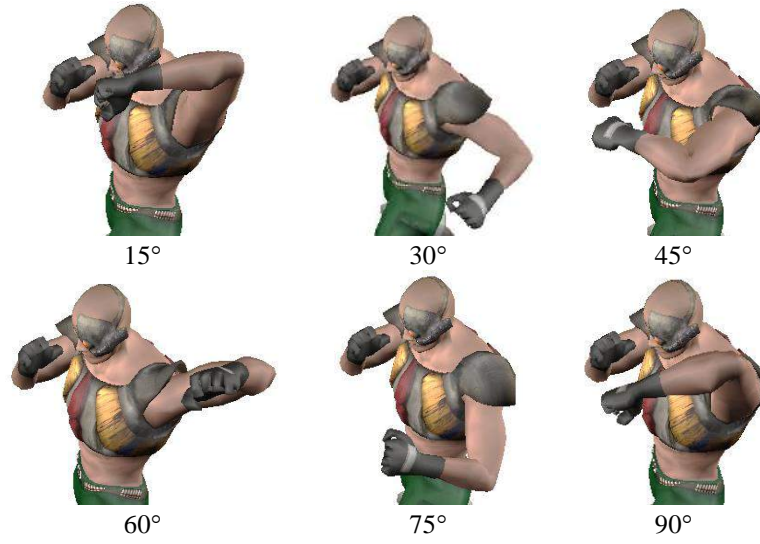


Gambar 4.2 Lintasan Gerakan Siku Pada Animasi Gerakan Pukulan Cross.

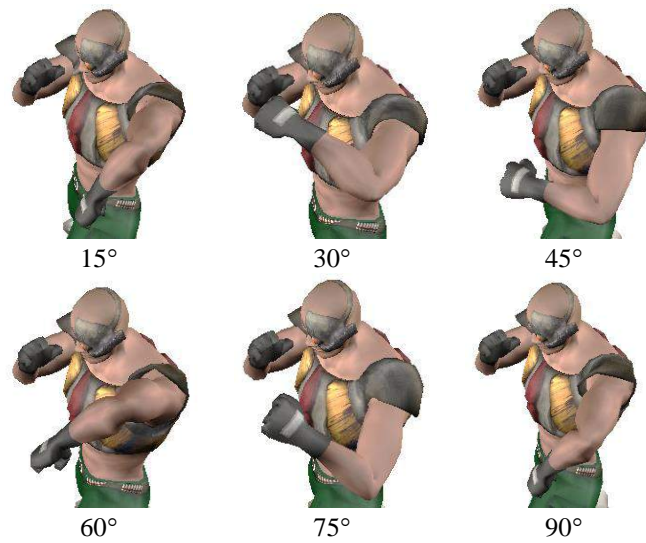
4.1.2 Pengujian Terhadap animasi gerakan pukulan Uppercut

4.1.2.1 Rotasi

Pengujian ini merupakan hasil perhitungan rotasi titik koordinat pada frame pertama yang telah dilakukan pada masing-masing sumbu XYZ. Hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 4.3. Pada gambar tersebut tampak perubahan yang terjadi pada tulang siku. Pose ini merupakan data titik koordinat pada frame pertama yang dibangkitkan dari data BVH.



(a) Rotasi Terhadap Sumbu X



(b) Rotasi Terhadap Sumbu Y





(c) Rotasi Terhadap Sumbu Z

Gambar 4.3 Pose Gerakan Exaggeration Pukulan Uppercut.

4.1.2.2 Lintasan Gerakan

Pada bagian ini data yang ditampilkan adalah frame per frame, dengan tujuan menampilkan animasi gerakan yang tidak alami hasil rotasi titik koordinat frame pertama. Gambar 4.4 adalah animasi gerakan yang dibangkitkan dan telah diaplikasikan ke dalam karakter. Pada gambar tersebut tampak garis berwarna kuning. Garis tersebut adalah lintasan gerakan dari tulang siku. Selain itu ketika frame pertama menuju frame kedua terlihat loncatan perpindahan yang tidak alami sedangkan ketika menuju frame ketiga perpindahan terlihat alami. Perubahan ini terjadi karena rotasi yang telah dilakukan pada frame pertama. Ini menjadi masalah yang diselesaikan dengan metode selanjutnya.



Frame ke - 1



Frame ke - 2

15°



Frame ke - 3



Frame ke - 1



Frame ke - 2

30°



Frame ke - 3



Frame ke – 1



Frame ke – 2
45°



Frame ke – 3



Frame ke – 1



Frame ke – 2
60°



Frame ke – 3



Frame ke – 1



Frame ke – 2
75°



Frame ke – 3



Frame ke – 1



Frame ke – 2
90°



Frame ke – 3

(a) Lintasan Gerakan Siku pada Rotasi terhadap sumbu X.



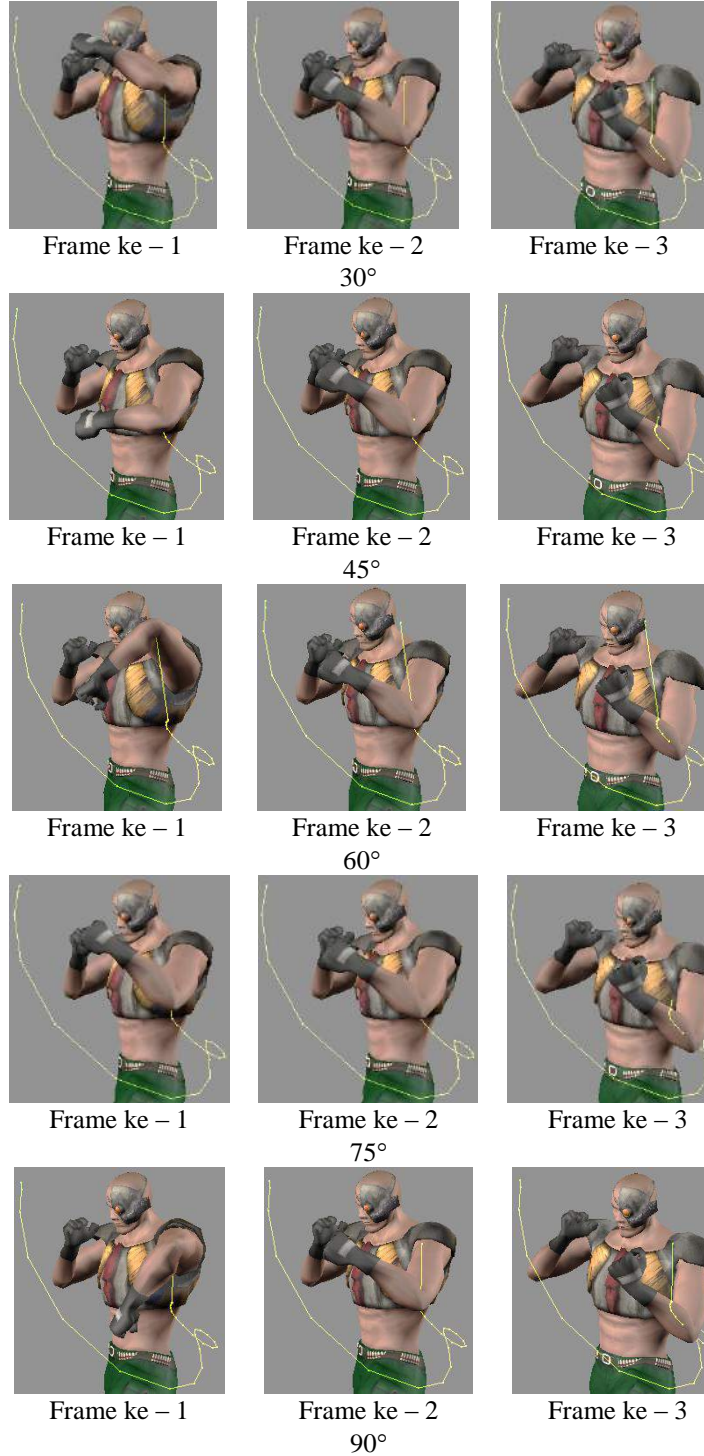
Frame ke – 1



Frame ke – 2
15°



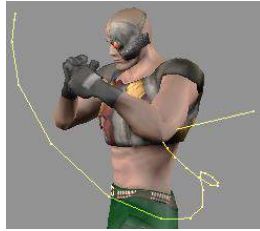
Frame ke – 3



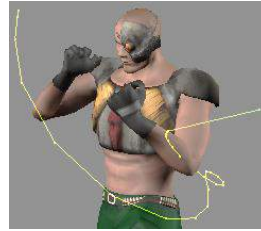
(b) Lintasan Gerakan Siku pada Rotasi terhadap sumbu Y.



Frame ke - 1



Frame ke - 2
15°



Frame ke - 3



Frame ke - 1



Frame ke - 2
30°



Frame ke - 3



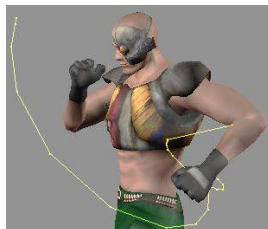
Frame ke - 1



Frame ke - 2
45°



Frame ke - 3



Frame ke - 1



Frame ke - 2
60°



Frame ke - 3



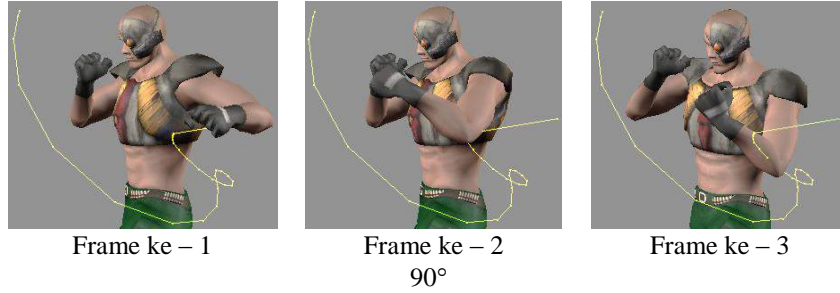
Frame ke - 1



Frame ke - 2
75°



Frame ke - 3

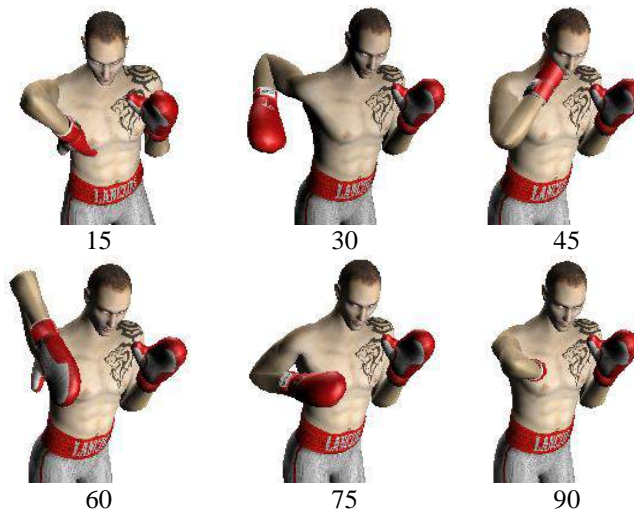


(c) Lintasan Gerakan Siku pada Rotasi terhadap sumbu Z.
Gambar 4.4 Lintasan Gerakan Siku Pada Animasi Gerakan Pukulan Uppercut.

4.1.3 Pengujian Terhadap animasi gerakan pukulan Jab

4.1.3.1 Rotasi

Pengujian ini merupakan hasil perhitungan rotasi titik koordinat pada frame pertama yang telah dilakukan pada masing-masing sumbu XYZ. Hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 4.5. Pada gambar tersebut tampak perubahan yang terjadi pada tulang siku. Pose ini merupakan data titik koordinat pada frame pertama yang dibangkitkan dari data BVH.

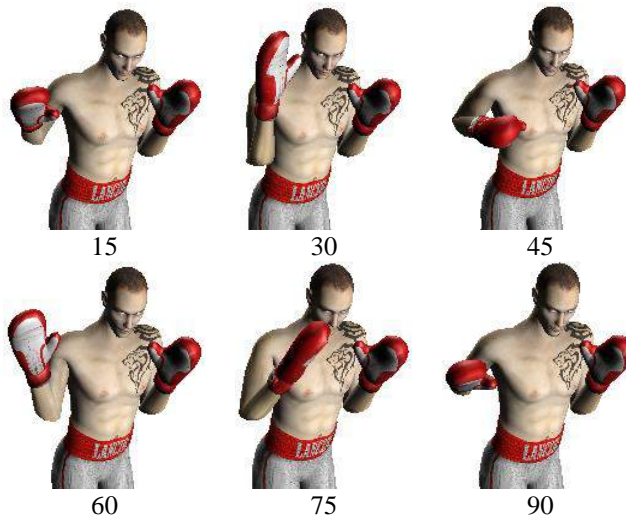


(a) Rotasi Terhadap Sumbu X.





(b) Rotasi Terhadap Sumbu Y.



(c) Rotasi Terhadap Sumbu Z.

Gambar 4.5 Pose Gerakan Exaggeration Pukulan Jab.

4.1.3.2 Lintasan Gerakan

Pada bagian ini data yang ditampilkan adalah frame per frame, dengan tujuan menampilkan animasi gerakan yang tidak alami hasil rotasi titik koordinat frame pertama. Gambar 4.6 adalah animasi gerakan yang dibangkitkan dan telah diaplikasikan ke dalam karakter. Pada gambar tersebut tampak garis berwarna kuning. Garis tersebut adalah lintasan gerakan dari tulang siku. Selain itu ketika frame pertama menuju frame kedua terlihat loncatan perpindahan yang tidak alami sedangkan ketika menuju frame ketiga perpindahan terlihat alami. Perubahan ini terjadi karena rotasi yang telah dilakukan pada frame pertama. Ini menjadi masalah yang diselesaikan dengan metode selanjutnya.



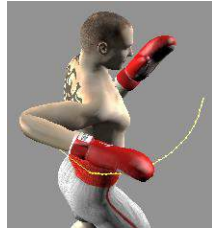
Frame ke - 1



Frame ke - 2
15°



Frame ke - 3



Frame ke - 1



Frame ke - 2
30°



Frame ke - 3



Frame ke - 1



Frame ke - 2
45°



Frame ke - 3



Frame ke - 1



Frame ke - 2
60°



Frame ke - 3



Frame ke - 1



Frame ke - 2
75°



Frame ke - 3



Frame ke - 1



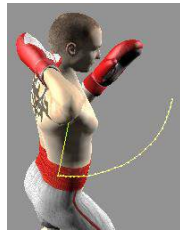
Frame ke - 2



Frame ke - 3

90°

(a) Lintasan Gerakan Siku pada Rotasi terhadap sumbu X



Frame ke - 1



Frame ke - 2



Frame ke - 3

15°



Frame ke - 1



Frame ke - 2



Frame ke - 3

30°



Frame ke - 1



Frame ke - 2



Frame ke - 3

45°



Frame ke - 1



Frame ke - 2



Frame ke - 3

60°



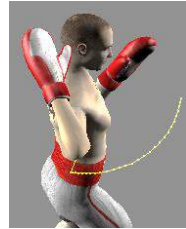
Frame ke - 1



Frame ke - 2
75°



Frame ke - 3



Frame ke - 1



Frame ke - 2
90°



Frame ke - 3

(b) Lintasan Gerakan Siku pada Rotasi terhadap sumbu Y.



Frame ke - 1



Frame ke - 2
15°



Frame ke - 3



Frame ke - 1



Frame ke - 2
30°



Frame ke - 3



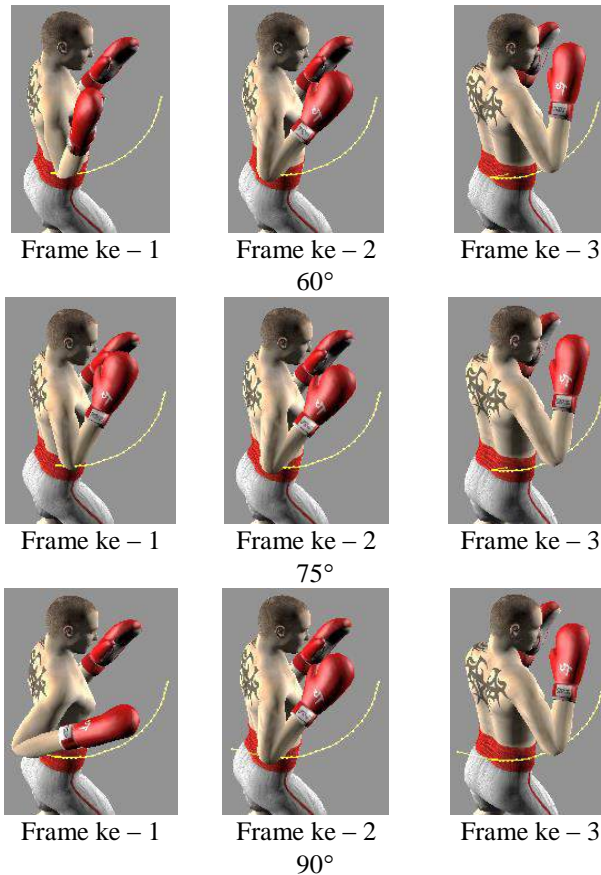
Frame ke - 1



Frame ke - 2
45°



Frame ke - 3



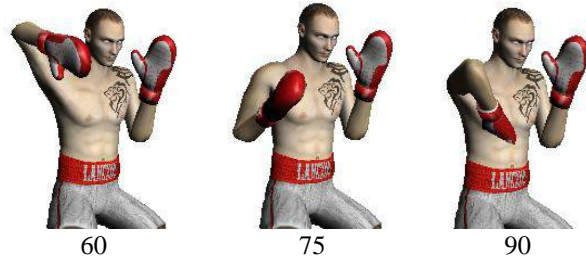
(c) Lintasan Gerakan Siku pada Rotasi terhadap sumbu Z.
Gambar 4.6 Lintasan Gerakan Siku Pada Animasi Gerakan Pukulan Jab.

4.1.4 Pengujian Terhadap animasi gerakan pukulan Hook

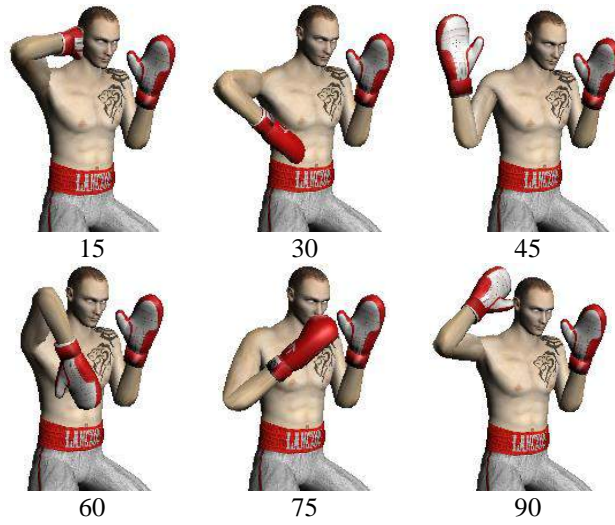
4.1.4.1 Rotasi

Pengujian ini merupakan hasil perhitungan rotasi titik koordinat pada frame pertama yang telah dilakukan pada masing-masing sumbu XYZ. Hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 4.7. Pada gambar tersebut tampak perubahan yang terjadi pada tulang siku. Pose ini merupakan data titik koordinat pada frame pertama yang dibangkitkan dari data BVH.

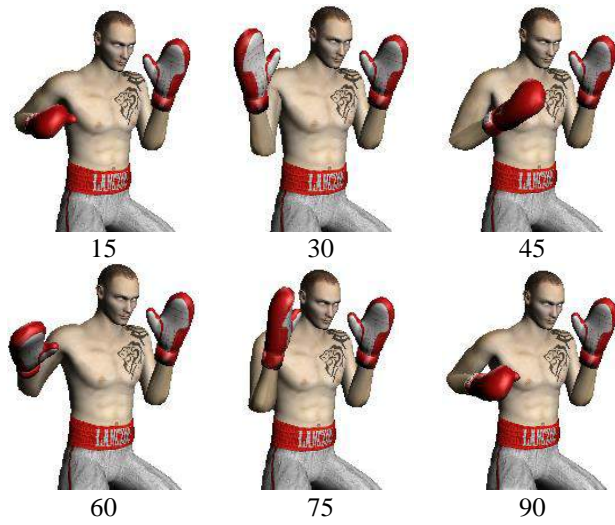




(a) Rotasi Terhadap Sumbu X



(b) Rotasi Terhadap Sumbu Y



(c) Rotasi Terhadap Sumbu Z

Gambar 4.7 Pose Gerakan Exaggeration Pukulan Hook.

4.1.4.2 Lintasan Gerakan

Pada bagian ini data yang ditampilkan adalah frame per frame, dengan tujuan menampilkan animasi gerakan yang tidak alami hasil rotasi titik koordinat frame pertama. Gambar 4.8 adalah animasi gerakan yang dibangkitkan dan telah diaplikasikan ke dalam karakter. Pada gambar tersebut tampak garis berwarna kuning. Garis tersebut adalah lintasan gerakan dari tulang siku. Selain itu ketika frame pertama menuju frame kedua terlihat loncatan perpindahan yang tidak alami sedangkan ketika menuju frame ketiga perpindahan terlihat alami. Perubahan ini terjadi karena rotasi yang telah dilakukan pada frame pertama. Ini menjadi masalah yang diselesaikan dengan metode selanjutnya.



Frame ke - 1



Frame ke - 2
15°



Frame ke - 3



Frame ke - 1



Frame ke - 2
30°



Frame ke - 3



Frame ke - 1



Frame ke - 2
45°



Frame ke - 3



Frame ke - 1



Frame ke - 2
60°



Frame ke - 3



Frame ke - 1



Frame ke - 2
75°



Frame ke - 3



Frame ke - 1



Frame ke - 2
90°



Frame ke - 3

(a) Lintasan Gerakan Siku pada Rotasi terhadap sumbu X.



Frame ke - 1



Frame ke - 2
15°



Frame ke - 3



Frame ke - 1



Frame ke - 2
30°



Frame ke - 3



Frame ke – 1



Frame ke – 2
45°



Frame ke – 3



Frame ke – 1



Frame ke – 2
60°



Frame ke – 3



Frame ke – 1



Frame ke – 2
75°



Frame ke – 3



Frame ke – 1



Frame ke – 2
90°



Frame ke – 3

(b) Lintasan Gerakan Siku pada Rotasi terhadap sumbu Y.



Frame ke – 1



Frame ke – 2
15°



Frame ke – 3



Frame ke - 1



Frame ke - 2
30°



Frame ke - 3



Frame ke - 1



Frame ke - 2
45°



Frame ke - 3



Frame ke - 1



Frame ke - 2
60°



Frame ke - 3



Frame ke - 1



Frame ke - 2
75°



Frame ke - 3



Frame ke - 1



Frame ke - 2
90°



Frame ke - 3

(c) Lintasan Gerakan Siku pada Rotasi terhadap sumbu Z
Gambar 4.8 Lintasan Gerakan Siku Pada Animasi Gerakan Pukulan Hook.

4.2 Pengujian Kedua

Berdasarkan pada pengujian pertama, bentuk lintasan gerakan siku pada tangan terlihat adanya jarak yang terlalu jauh pada frame pertama menuju ke frame ke dua. Ini dapat dikatakan sebagai gerakan yang tidak alami. Untuk mengembalikan lintasan gerakan menjadi alami maka digunakan metode kurva linear bezier dan kurva kuadratik bezier.

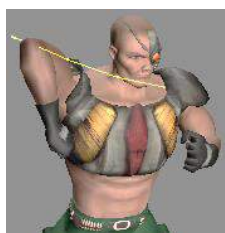
4.2.1 Pukulan Cross

Percobaan metode kurva linear bezier dan kurva kuadratik bezier pada animasi pukulan Cross. Gambar 4.9 menunjukkan animasi gerakan frame ke frame. Tampak pada Gambar 4.9(a,c,e) hasil rotasi yang dilakukan pada frame pertama mempengaruhi animasi gerakan. Animasi gerakan ini menggunakan metode kurva linear bezier, dimana terdapat dua titik acuan yaitu titik awal (frame pertama) dan titik akhir (frame terakhir). Lintasan gerakan pada gambar tersebut seolah-olah membentuk garis linear. Metode ini bertujuan untuk mengisi titik-titik koordinat secara berkelanjutan dari titik koordinat awal hingga titik koordinat akhir.

Sedangkan Gambar 4.9(b,d,f) merupakan animasi gerakan hasil menggunakan metode kurva kuadratik bezier. Animasi gerakan ini menggunakan tiga titik koordinat, yaitu titik koordinat awal, titik koordinat akhir, dan titik parabolik. Pada gambar tersebut lintasan gerakan seolah-olah menuju keluar selebar tulang lengan atas (RightArm pada data BVH) sehingga membentuk lintasan parabolik. Metode ini sama dengan metode kurva linear bezier, yaitu mengisi titik-titik koordinat awal hingga titik koordinat akhir.



Frame ke - 1



Frame ke - 3



Frame ke - 4



Frame ke - 5



Frame ke - 6



Frame ke - 7

(a) Rotasi terhadap sumbu X sebesar 15° dengan Kurva Linear



Frame ke - 1



Frame ke - 3



Frame ke - 4



Frame ke - 5



Frame ke - 6



Frame ke - 7

(b) Rotasi terhadap sumbu X sebesar 15° dengan Kurva Kuadratik



Frame ke - 1



Frame ke - 3



Frame ke - 4



Frame ke - 5



Frame ke - 6



Frame ke - 7

(c) Rotasi terhadap sumbu X sebesar 60° dengan Kurva Linear



Frame ke - 1



Frame ke - 3



Frame ke - 4



Frame ke - 5



Frame ke - 6



Frame ke - 7

(d) Rotasi terhadap sumbu X sebesar 60° dengan Kurva Kuadratik



Frame ke - 1



Frame ke - 3



Frame ke - 4



Frame ke - 5



Frame ke - 6



Frame ke - 7

(e) Rotasi terhadap sumbu Y sebesar 90° dengan Kurva Linear



Frame ke - 1



Frame ke - 3



Frame ke - 4



Frame ke - 5



Frame ke - 6



Frame ke - 7

(f) Rotasi terhadap sumbu Y sebesar 90° dengan Kurva Kuadratik

Gambar 4.9 Animasi Gerakan Pukulan Cross menggunakan metode Kurva Linear dan Kuadratik Kuadratik

4.2.2 Pukulan Uppercut

Percobaan metode kurva linear bezier dan kurva kuadratik bezier pada animasi pukulan Cross. Gambar 4.10 menunjukkan animasi gerakan frame ke frame. Tampak pada Gambar 4.10(a,c,e) hasil rotasi yang dilakukan pada frame pertama mempengaruhi animasi gerakan. Animasi gerakan ini menggunakan metode kurva linear bezier, dimana terdapat dua titik acuan yaitu titik awal (frame pertama) dan titik akhir (frame terakhir). Lintasan gerakan pada gambar tersebut seolah-olah membentuk garis linear. Metode ini bertujuan untuk mengisi titik-titik koordinat secara berkelanjutan dari titik koordinat awal hingga titik koordinat akhir.

Sedangkan Gambar 4.10(b,d,f) merupakan animasi gerakan hasil menggunakan metode kurva kuadratik bezier. Animasi gerakan ini menggunakan tiga titik koordinat, yaitu titik koordinat awal, titik koordinat akhir, dan titik parabolik. Pada gambar tersebut lintasan gerakan seolah-olah menuju keluar selebar tulang lengan atas (RightArm pada data BVH) sehingga membentuk lintasan parabolik. Metode ini sama dengan metode kurva linear bezier, yaitu mengisi titik-titik koordinat awal hingga titik koordinat akhir.



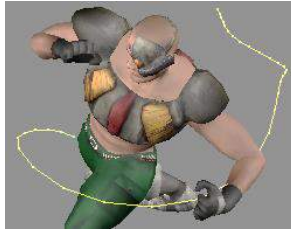
Frame ke - 1



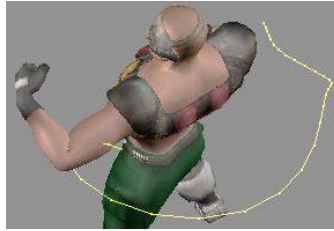
Frame ke - 7



Frame ke - 14



Frame ke – 21

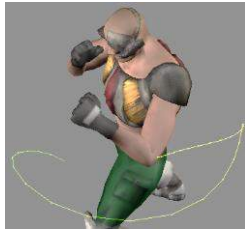


Frame ke – 28



Frame ke – 35

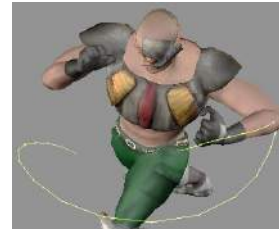
(a) Rotasi terhadap sumbu X sebesar 15° dengan Kurva Linear



Frame ke – 1



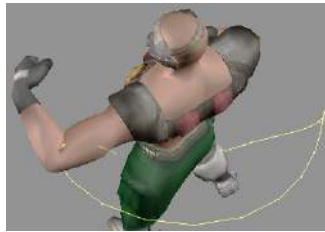
Frame ke – 7



Frame ke – 14



Frame ke – 21



Frame ke – 28



Frame ke – 35

(b) Rotasi terhadap sumbu X sebesar 15° dengan Kurva Kuadratik



Frame ke – 1



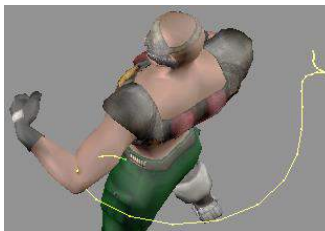
Frame ke – 7



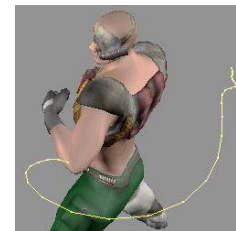
Frame ke – 14



Frame ke – 21



Frame ke – 28



Frame ke – 35

(c) Rotasi terhadap sumbu X sebesar 60° dengan Kurva Linear



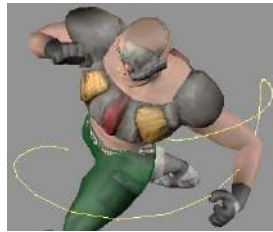
Frame ke – 1



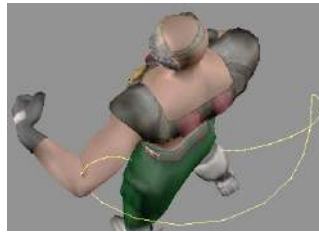
Frame ke – 7



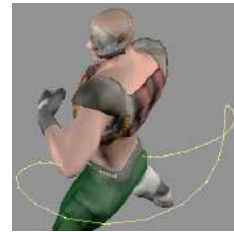
Frame ke – 14



Frame ke – 21



Frame ke – 28



Frame ke – 35

(d) Rotasi terhadap sumbu X sebesar 60° dengan Kurva Kuadratik



Frame ke – 1



Frame ke – 7



Frame ke – 14



Frame ke – 21



Frame ke – 28



Frame ke – 35

(e) Rotasi terhadap sumbu Y sebesar 60° dengan Kurva Linear



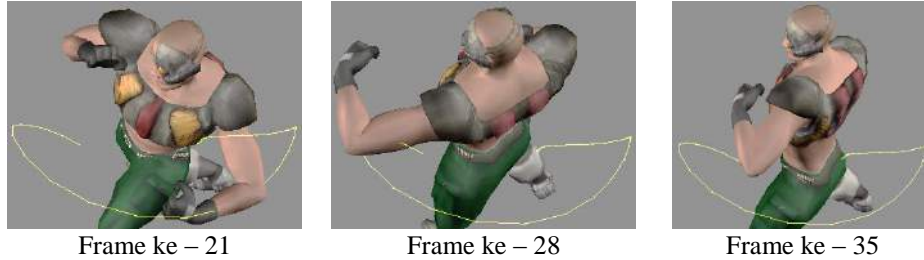
Frame ke – 1



Frame ke – 7



Frame ke – 14



(f) Rotasi terhadap sumbu Y sebesar 60° dengan Kurva Kuadratik

Gambar 4.10 Animasi Gerakan Pukulan Uppercut menggunakan metode Kurva Linear dan Kuadratik Kuadratik

4.2.3 Pukulan Jab

Percobaan metode kurva linear bezier dan kurva kuadratik bezier pada animasi pukulan Cross. Gambar 4.11 menunjukkan animasi gerakan frame ke frame. Tampak pada Gambar 4.11(a,c,e) hasil rotasi yang dilakukan pada frame pertama mempengaruhi animasi gerakan. Animasi gerakan ini menggunakan metode kurva linear bezier, dimana terdapat dua titik acuan yaitu titik awal (frame pertama) dan titik akhir (frame terakhir). Lintasan gerakan pada gambar tersebut seolah-olah membentuk garis linear. Metode ini bertujuan untuk mengisi titik-titik koordinat secara berkelanjutan dari titik koordinat awal hingga titik koordinat akhir.

Sedangkan Gambar 4.11(b,d,f) merupakan animasi gerakan hasil menggunakan metode kurva kuadratik bezier. Animasi gerakan ini menggunakan tiga titik koordinat, yaitu titik koordinat awal, titik koordinat akhir, dan titik parabolik. Pada gambar tersebut lintasan gerakan seolah-olah menuju keluar selebar tulang lengan atas (RightArm pada data BVH) sehingga membentuk lintasan parabolik. Metode ini sama dengan metode kurva linear bezier, yaitu mengisi titik-titik koordinat awal hingga titik koordinat akhir.



Frame ke - 1



Frame ke - 6



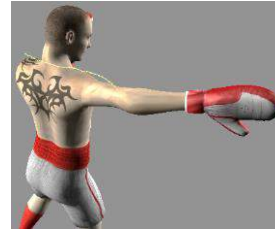
Frame ke - 12



Frame ke - 18



Frame ke - 24



Frame ke - 30

(a) Rotasi terhadap sumbu X sebesar 60° dengan Kurva Linear



Frame ke - 1



Frame ke - 6



Frame ke - 12



Frame ke - 18



Frame ke - 24



Frame ke - 30

(b) Rotasi terhadap sumbu X sebesar 60° dengan Kurva Kuadratik



Frame ke - 1



Frame ke - 6



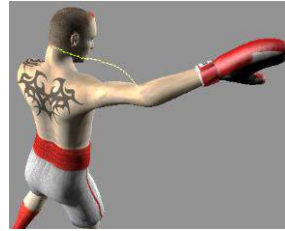
Frame ke - 12



Frame ke - 18



Frame ke - 24



Frame ke - 30

(c) Rotasi terhadap sumbu Y sebesar 60° dengan Kurva Linear



Frame ke - 1



Frame ke - 6



Frame ke - 12



Frame ke - 18



Frame ke - 24



Frame ke - 30

(d) Rotasi terhadap sumbu Y sebesar 60° dengan Kurva Kuadratik



Frame ke - 1



Frame ke - 6



Frame ke - 12



Frame ke - 18



Frame ke - 24



Frame ke - 30

(e) Rotasi terhadap sumbu Y sebesar 90° dengan Kurva Linear



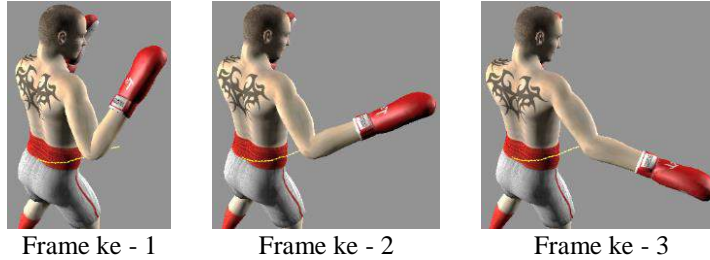
Frame ke - 1



Frame ke - 2



Frame ke - 3

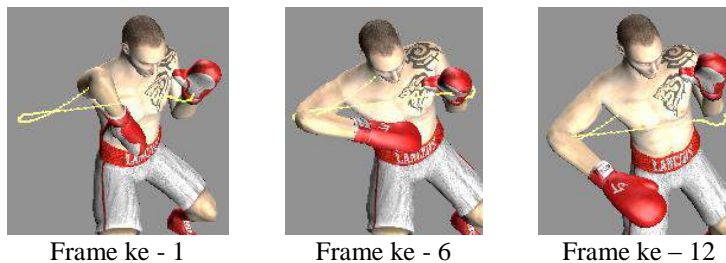


(f) Rotasi terhadap sumbu Y sebesar 90° dengan Kurva Kuadrati
 Gambar 4.11 Animasi Gerakan Pukulan Jab menggunakan metode Kurva Linear dan Kuadratik Kuadratik

4.2.4 Pukulan Hook

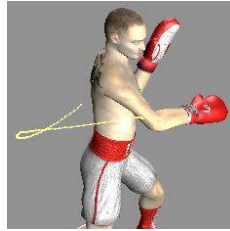
Percobaan metode kurva linear bezier dan kurva kuadratik bezier pada animasi pukulan Cross. Gambar 4.12 menunjukkan animasi gerakan frame ke frame. Tampak pada Gambar 4.12(a,c,e) hasil rotasi yang dilakukan pada frame pertama mempengaruhi animasi gerakan. Animasi gerakan ini menggunakan metode kurva linear bezier, dimana terdapat dua titik acuan yaitu titik awal (frame pertama) dan titik akhir (frame terakhir). Lintasan gerakan pada gambar tersebut seolah-olah membentuk garis linear. Metode ini bertujuan untuk mengisi titik-titik koordinat secara berkelanjutan dari titik koordinat awal hingga titik koordinat akhir.

Sedangkan Gambar 4.12(b,d,f) merupakan animasi gerakan hasil menggunakan metode kurva kuadratik bezier. Animasi gerakan ini menggunakan tiga titik koordinat, yaitu titik koordinat awal, titik koordinat akhir, dan titik parabolik. Pada gambar tersebut lintasan gerakan seolah-olah menuju keluar selebar tulang lengan atas (RightArm pada data BVH) sehingga membentuk lintasan parabolik. Metode ini sama dengan metode kurva linear bezier, yaitu mengisi titik-titik koordinat awal hingga titik koordinat akhir.

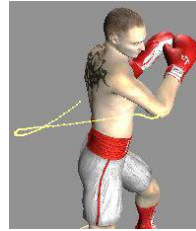




Frame ke - 18



Frame ke - 24



Frame ke - 30

(a) Rotasi terhadap sumbu X sebesar 15° dengan Kurva Linear



Frame ke - 1



Frame ke - 6



Frame ke - 12



Frame ke - 18

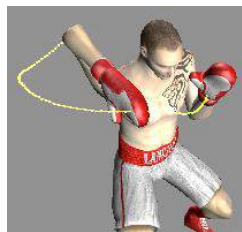


Frame ke - 24



Frame ke - 30

(b) Rotasi terhadap sumbu X sebesar 15° dengan Kurva Kuadratik



Frame ke - 1



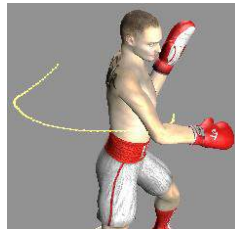
Frame ke - 6



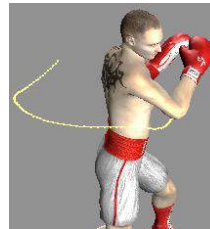
Frame ke - 12



Frame ke - 18



Frame ke - 24



Frame ke - 30

(c) Rotasi terhadap sumbu X sebesar 60° dengan Kurva Linear



Frame ke - 1



Frame ke - 2



Frame ke - 3



Frame ke - 1



Frame ke - 2



Frame ke - 3

(d) Rotasi terhadap sumbu X sebesar 60° dengan Kurva Kuadratik



Frame ke - 1



Frame ke - 2



Frame ke - 3



Frame ke - 1



Frame ke - 2



Frame ke - 3

(e) Rotasi terhadap sumbu Y sebesar 45° dengan Kurva Linear



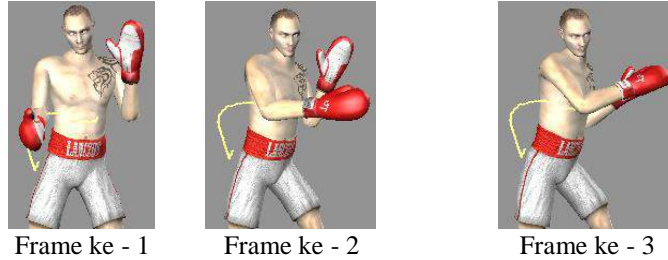
Frame ke - 1



Frame ke - 2



Frame ke - 3



Frame ke - 1

Frame ke - 2

Frame ke - 3

(f) Rotasi terhadap sumbu Y sebesar 45° dengan Kurva Kuadratik

Gambar 4.12 Animasi Gerakan Pukulan Hook menggunakan metode Kurva Linear dan Kuadratik Kuadratik

4.3 Pengujian Ketiga

Untuk membuktikan bahwa animasi gerakan yang dibangkitkan adalah animasi gerakan *exaggeration*. Pengujian dilakukan dengan menggunakan kuesioner *online* yaitu dengan metode *Skala Likert*. Metode tersebut adalah metode yang digunakan untuk mengukur pendapat seseorang mengenai suatu gambaran berdasarkan defensi yang telah ditetapkan oleh peneliti. Jumlah yang responden yang didapat dalam pengujian ini sebanyak 35 responden dengan latar belakang yang berbeda.

4.3.1 Pengujian Animasi Gerakan Pukulan Cross

Gambar 4.13 adalah animasi gerakan yang telah dipilih untuk diujikan kepada responden. Animasi gerakan ini dipilih berdasarkan hasil pengujian dengan menggunakan kurva linear bezier dan kurva kuadratik bezier. Animasi gerakan yang dibangkitkan yaitu hasil rotasi terhadap sumbu X sebesar 15° dan rotasi terhadap sumbu Y sebesar 90° menggunakan kurva linear bezier dan rotasi terhadap sumbu X sebesar 60° menggunakan kurva kuadratik bezier.

Gambar 4.14 menunjukkan hasil yang di dapat, yaitu (a) rotasi 15° terhadap sumbu X, responden memilih “Sangat Setuju” sebesar 60,5%. (b) rotasi 90° terhadap sumbu Y, responden memilih “Kurang Setuju” sebesar 32,4%. (c) rotasi 60° terhadap sumbu X, responden memilih “Setuju” sebesar 48,6%.

Berdasarkan hasil pengujian tersebut maka responden lebih memilih hasil rotasi terhadap sumbu X sebesar 15° sebagai animasi gerakan *exaggeration* dengan menggunakan kurva linear bezier.



Frame ke - 1



Frame ke - 3



Frame ke - 4



Frame ke - 5



Frame ke - 6



Frame ke - 7

(a) Animasi gerakan menggunakan kurva linear pada rotasi 15° terhadap sumbu X



Frame ke - 1



Frame ke - 3



Frame ke - 4



Frame ke - 5



Frame ke - 6



Frame ke - 7

(b) Animasi gerakan menggunakan kurva linear pada rotasi 90° terhadap sumbu Y



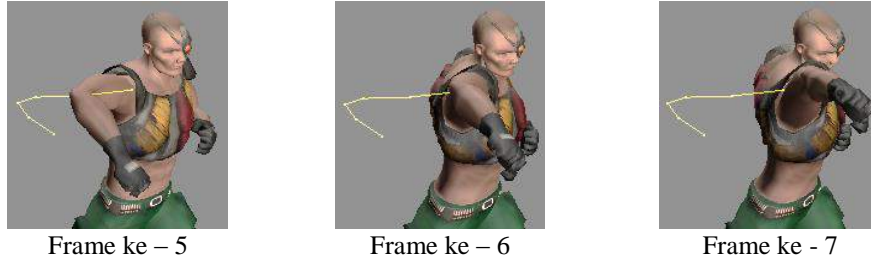
Frame ke - 1



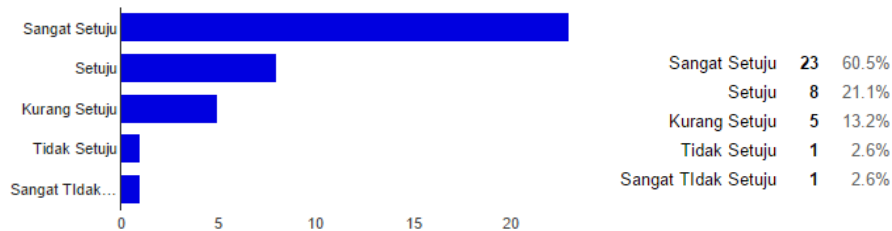
Frame ke - 3



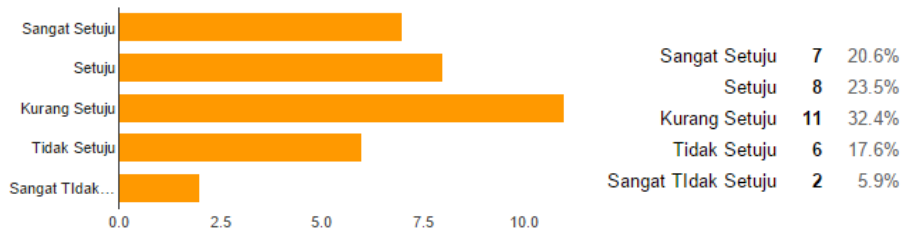
Frame ke - 4



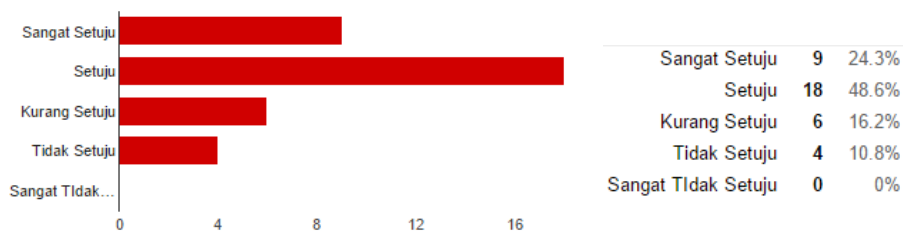
(c) Animasi gerakan menggunakan kurva kuadratik pada rotasi 60° terhadap sumbu X
Gambar 4.13 Animasi Gerakan Pukulan Cross Yang diujikan dalam kuesioner



(a) Persentase hasil pengujian Animasi gerakan menggunakan kurva linear pada rotasi 15° terhadap sumbu X



(b) Persentase hasil pengujian Animasi gerakan menggunakan kurva linear pada rotasi 90° terhadap sumbu Y



(c) Persentase hasil pengujian Animasi gerakan menggunakan kurva kuadratik pada rotasi 60° terhadap sumbu X

Gambar 4.14 Hasil Pengujian Pukulan Cross

4.3.2 Pengujian Animasi Gerakan Pukulan Uppercut

Gambar 4.15 adalah animasi gerakan yang telah dipilih untuk diujikan kepada responden. Animasi gerakan ini dipilih berdasarkan hasil pengujian dengan menggunakan kurva linear bezier dan kurva kuadratik bezier. Animasi gerakan yang

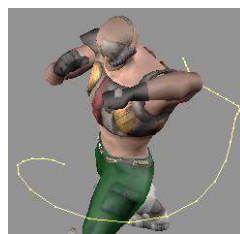
dibangkitkan yaitu hasil rotasi terhadap sumbu X sebesar 15° dan rotasi terhadap sumbu Y sebesar 60° menggunakan kurva linear bezier dan rotasi terhadap sumbu X sebesar 60° menggunakan kurva kuadratik bezier.

Gambar 4.16 menunjukkan hasil yang di dapat, yaitu (a) rotasi 15° terhadap sumbu X, responden memilih “Sangat Setuju” sebesar 28,9%. (b) rotasi 60° terhadap sumbu Y, responden memilih “Setuju” sebesar 36,8%. (c) rotasi 60° terhadap sumbu X, responden memilih “Tidak Setuju” sebesar 38,9%.

Berdasarkan hasil pengujian tersebut maka responden lebih memilih hasil rotasi terhadap sumbu X sebesar 15° sebagai animasi gerakan *exaggeration* dengan menggunakan kurva linear bezier.



Frame ke - 1



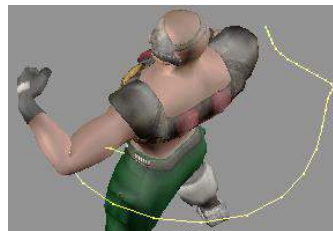
Frame ke - 7



Frame ke - 14



Frame ke - 21



Frame ke - 28



Frame ke - 35

(a) Animasi gerakan menggunakan kurva linear pada rotasi 15° terhadap sumbu X



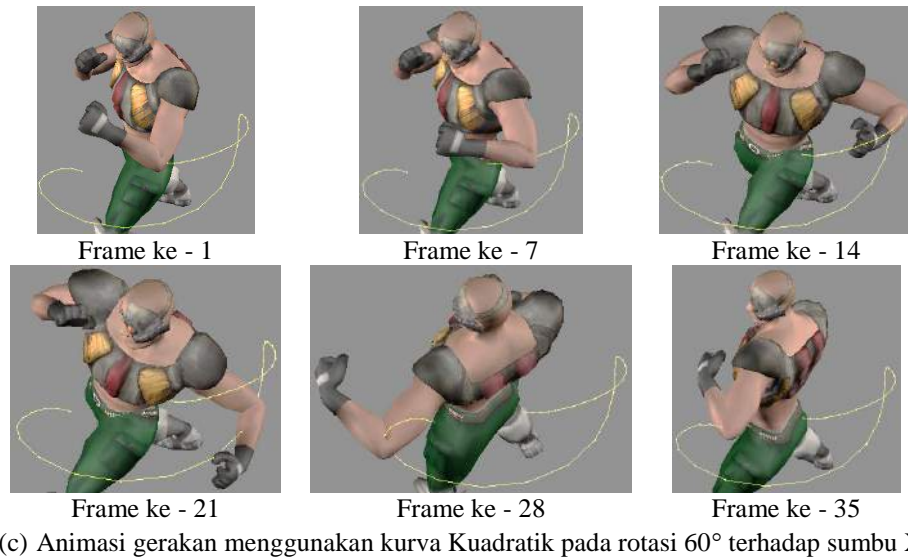
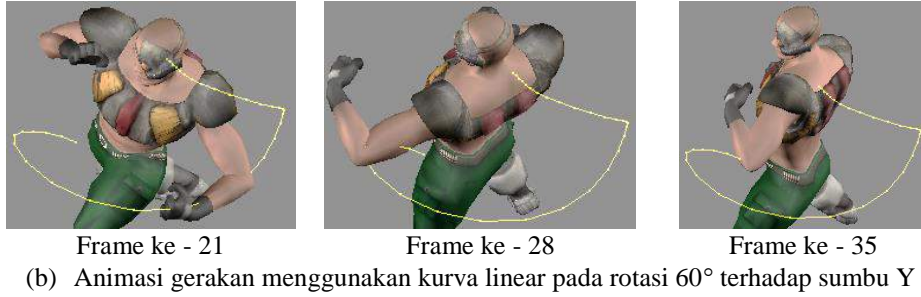
Frame ke - 1



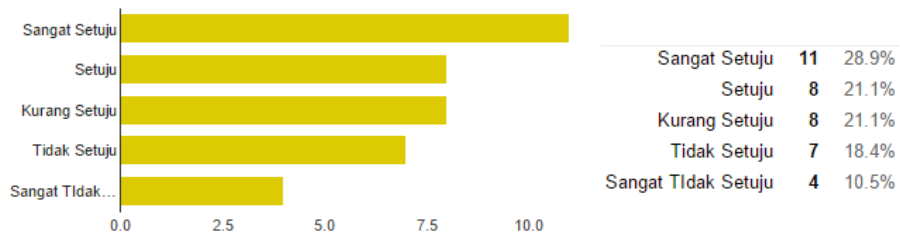
Frame ke - 7



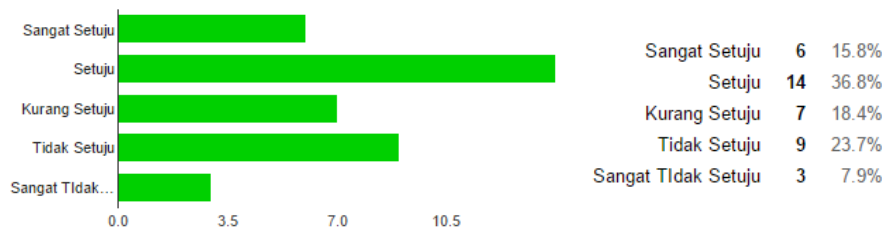
Frame ke - 14



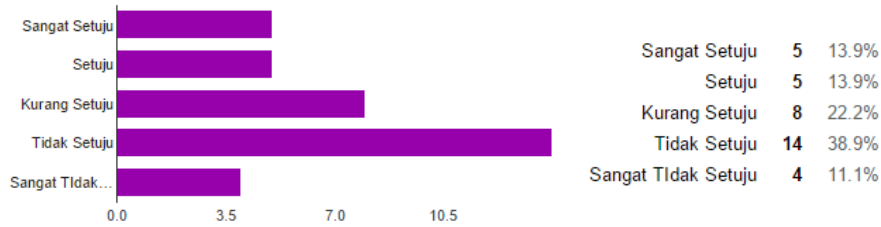
Gambar 4.15 Animasi Gerakan Pukulan Uppercut Yang diujikan dalam kuesioner



(a) Persentase hasil pengujian Animasi gerakan menggunakan kurva linear pada rotasi 15° terhadap sumbu X



(b) Persentase hasil pengujian Animasi gerakan menggunakan kurva linear pada rotasi 60° terhadap sumbu Y



(c) Persentase hasil pengujian Animasi gerakan menggunakan kurva Kuadratik pada rotasi 60° terhadap sumbu X

Gambar 4.16 Hasil Pengujian Pukulan Uppercut

4.3.3 Pengujian Animasi Gerakan Pukulan Jab

Gambar 4.17 adalah animasi gerakan yang telah dipilih untuk diujikan kepada responden. Animasi gerakan ini dipilih berdasarkan hasil pengujian dengan menggunakan kurva linear bezier dan kurva kuadratik bezier. Animasi gerakan yang dibangkitkan yaitu hasil rotasi terhadap sumbu X sebesar 60° dan rotasi terhadap sumbu Y sebesar 90° menggunakan kurva linear bezier dan rotasi terhadap sumbu X sebesar 60° menggunakan kurva kuadratik bezier.

Gambar 4.18 menunjukkan hasil yang di dapat, yaitu (a) rotasi 60° terhadap sumbu X, responden memilih “Sangat Setuju” sebesar 68,4%. (b) rotasi 90° terhadap sumbu Y, responden memilih “Sangat Setuju” sebesar 45,9%. (c) rotasi 60° terhadap sumbu X, responden memilih “Setuju” sebesar 42,1%.

Berdasarkan hasil pengujian tersebut maka responden lebih memilih hasil rotasi terhadap sumbu X sebesar 60° sebagai animasi gerakan *exaggeration* dengan menggunakan kurva linear bezier.



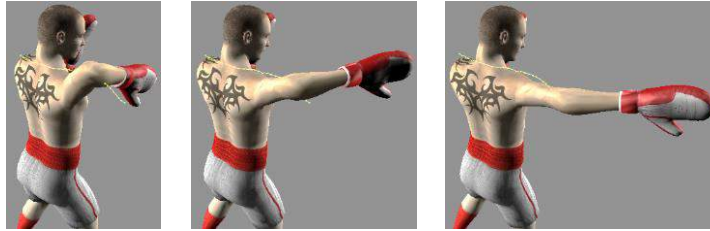
Frame ke - 1



Frame ke - 6



Frame ke - 12



Frame ke - 18

Frame ke - 24

Frame ke - 30

(a) Animasi gerakan menggunakan kurva linear pada rotasi 60° terhadap sumbu X



Frame ke - 1



Frame ke - 6



Frame ke - 12



Frame ke - 18



Frame ke - 24



Frame ke - 30

(b) Animasi gerakan menggunakan kurva linear pada rotasi 90° terhadap sumbu Y.



Frame ke - 1



Frame ke - 6



Frame ke - 12



Frame ke - 18



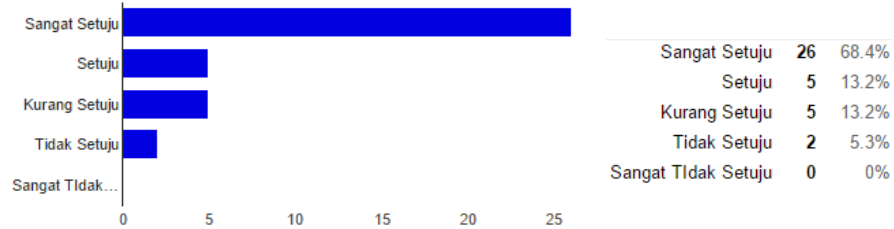
Frame ke - 24



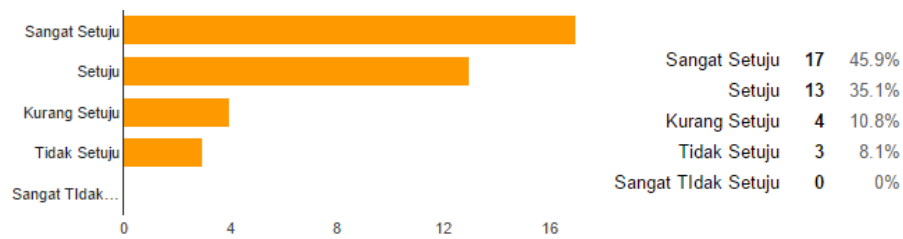
Frame ke - 30

(c) Animasi gerakan menggunakan kurva kuadratik pada rotasi 60° terhadap sumbu X.

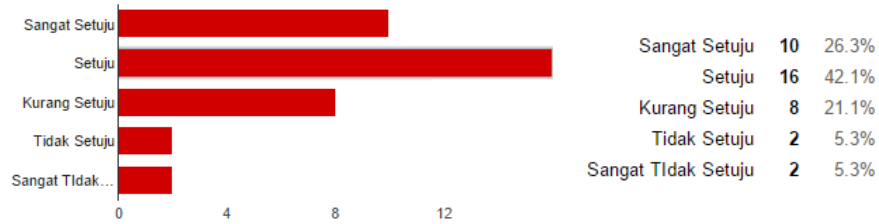
Gambar 4.17 Animasi Gerakan Pukulan Jab Yang diujikan dalam kuesioner



(a) Persentase hasil pengujian Animasi gerakan menggunakan kurva linear pada rotasi 60° terhadap sumbu X



(b) Persentase hasil pengujian Animasi gerakan menggunakan kurva linear pada rotasi 90° terhadap sumbu Y.



(c) Persentase hasil pengujian Animasi gerakan menggunakan kurva kuadrat pada rotasi 60° terhadap sumbu X.

Gambar 4.18 Hasil Pengujian Pukulan Jab

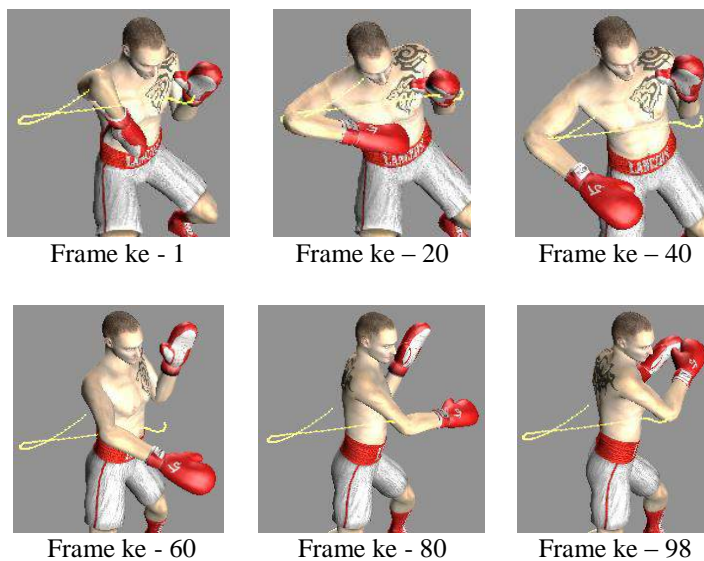
4.3.4 Pengujian Animasi Gerakan Pukulan Hook

Gambar 4.19 adalah animasi gerakan yang telah dipilih untuk diujikan kepada responden. Animasi gerakan ini dipilih berdasarkan hasil pengujian dengan menggunakan kurva linear bezier dan kurva kuadrat bezier. Animasi gerakan yang dibangkitkan yaitu hasil rotasi terhadap sumbu X sebesar 15° dan rotasi terhadap sumbu Y sebesar 45° menggunakan kurva linear bezier dan rotasi terhadap sumbu X sebesar 60° menggunakan kurva kuadrat bezier.

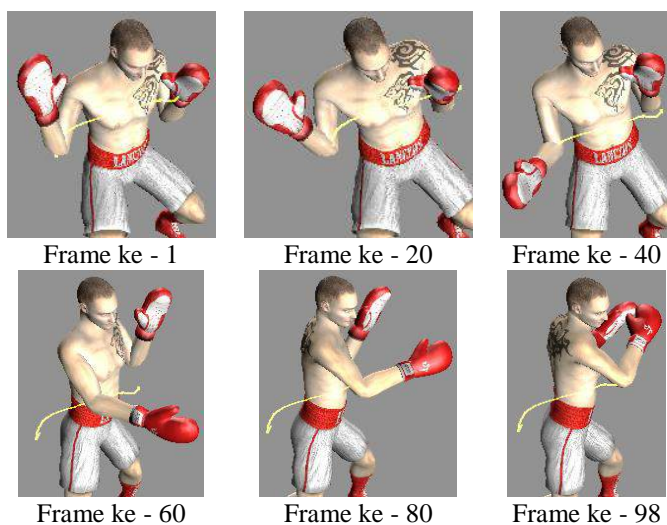
Gambar 4.20 menunjukkan hasil yang di dapat, yaitu (a) rotasi 15° terhadap sumbu X, responden memilih “Sangat Setuju” sebesar 54,1%. (b) rotasi 45° terhadap

sumbu Y, responden memilih “Kurang Setuju” sebesar 36,8%. (c) rotasi 60° terhadap sumbu X, responden memilih “Kurang Setuju” dan “Tidak Setuju” sebesar 24,3%.

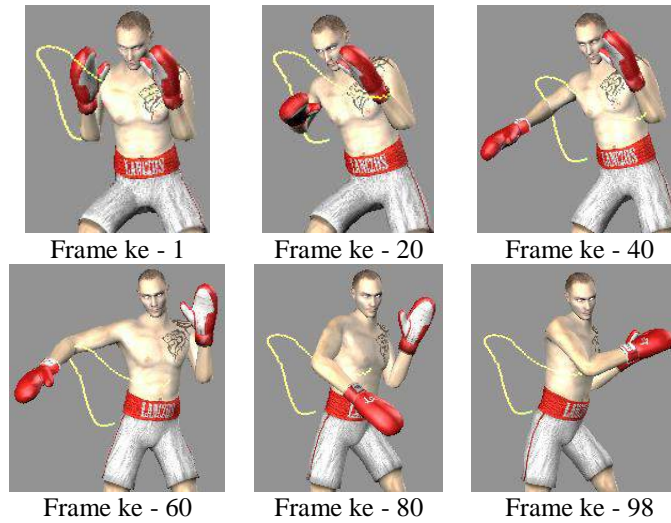
Berdasarkan hasil pengujian tersebut maka responden lebih memilih hasil rotasi terhadap sumbu X sebesar 15° sebagai animasi gerakan *exaggeration* dengan menggunakan kurva linear bezier.



(a) Animasi gerakan menggunakan kurva linear pada rotasi 15° terhadap sumbu X.

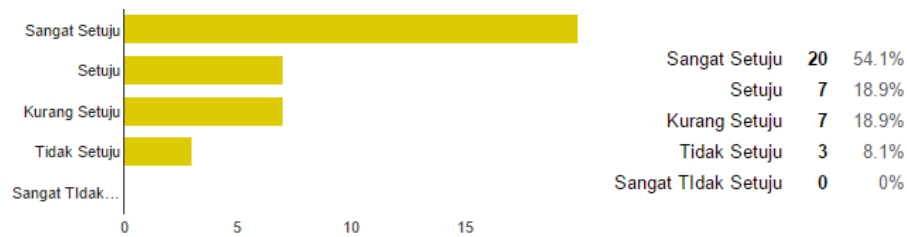


(b) Animasi gerakan menggunakan kurva linear pada rotasi 45° terhadap sumbu Y

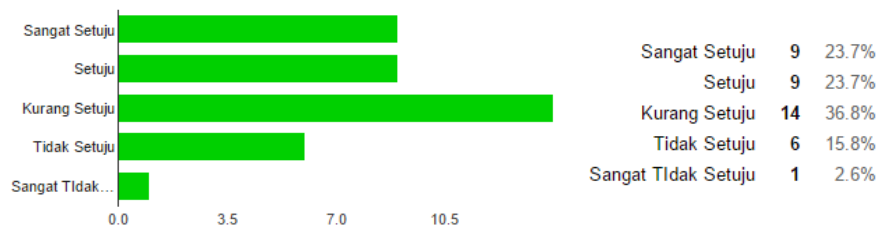


(c) Animasi gerakan menggunakan kurva Kuadratik pada rotasi 60° terhadap sumbu X

Gambar 4.19 Animasi Gerakan Pukulan Hook Yang diujikan dalam kuesioner



(a) Persentase hasil pengujian Animasi gerakan menggunakan kurva linear pada rotasi 15° terhadap sumbu X.



(b) Persentase hasil pengujian Animasi gerakan menggunakan kurva linear pada rotasi 45° terhadap sumbu Y



(c) Persentase hasil pengujian Animasi gerakan menggunakan kurva Kuadratik pada rotasi 60° terhadap sumbu X.

Gambar 4.20 Hasil Pengujian Pukulan Hook

BAB 5

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil percobaan tentang membangkitkan animasi gerakan *exaggeration* pukulan tinju menggunakan pendekatan kurva bezier yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan, yaitu Modifikasi pada data BVH sangat dimungkinkan untuk menghasilkan animasi gerakan baru. Untuk mendapatkan gerakan *exaggertion* dapat dimungkinkan dengan menggunakan metode rotasi pada salah satu tulang pada frame pertama sehingga memunculkan pose *exaggeration*. Pose tersebut kemudian digunakan sebagai acuan untuk mendapatkan animasi gerakan *exageration*. Acuan ini ketika di masukan dalam animasi gerakan akan menghasilkan gerakan yang tidak alamiah yaitu adanya loncatan pada lintasan gerakan yang dibangkitkan. Untuk mengembalikan animasi gerakan menjadi alami maka digunakan metode lain yaitu kurva linear bezier dan kurva kuadratik bezier. Kedua kurva tersebut membantu menyusun kembali titik-titik koordinat dengan menggunakan titik awal (frame pertama) menuju titik kedua (frame akhir). Tetapi pada kurva kuadaratik terdapat satu titik tambahan yaitu titik parabolik.

Gerakan *exaggeration* yang dibangkitkan dengan menggunakan kurva linear bezier dapat terlihat secara langsung. Karena proses rotasi dilakukan pada frame pertama. Sedangkan gerakan *exaggeration* yang dibangkitkan dengan menggunakan kurva kuadratik bezier terlihat di tengah-tengah animasi. Karena titik koordinat hasil rotasi di letakkan pada titik parabolik.

Untuk membuktikan animasi tersebut merupakan animasi gerakan *exaggeration* maka digunakan kuesioner yang diujikan kepada responden. Dengan animasi gerakan yang diujikan yaitu pukulan Cross hasil modifikasi dengan merotasi tulang siku terhadap sumbu X sebesar 15° dan sumbu Y sebesar 90° dengan menggunakan kurva linear bezier, dan sumbu X sebesar 60° dengan menggunakan kurva kuadratik bezier. Dari hasil pengujian tersebut didapat rotasi 15° terhadap sumbu

X, responden memilih “Sangat Setuju” sebesar 60,5%, rotasi 90° terhadap sumbu Y, responden memilih “Kurang Setuju” sebesar 32,4%, rotasi 60° terhadap sumbu X, responden memilih “Setuju” sebesar 48,6%.

Pukulan Uppercut hasil modifikasi dengan merotasi tulang siku terhadap sumbu X sebesar 15° dan rotasi terhadap sumbu Y sebesar 60° menggunakan kurva linear bezier dan rotasi terhadap sumbu X sebesar 60° menggunakan kurva kuadratik bezier. Dari hasil pengujian tersebut didapat rotasi 15° terhadap sumbu X, responden memilih “Sangat Setuju” sebesar 28,9%, rotasi 60° terhadap sumbu Y, responden memilih “Setuju” sebesar 36,8%, rotasi 60° terhadap sumbu X, responden memilih “Tidak Setuju” sebesar 38,9%.

Pukulan Jab hasil modifikasi dengan merotasi tulang siku terhadap sumbu X sebesar 60° dan rotasi terhadap sumbu Y sebesar 90° menggunakan kurva linear bezier dan rotasi terhadap sumbu X sebesar 60° menggunakan kurva kuadratik bezier. Dari hasil pengujian tersebut didapat rotasi 60° terhadap sumbu X, responden memilih “Sangat Setuju” sebesar 68,4%, rotasi 90° terhadap sumbu Y, responden memilih “Sangat Setuju” sebesar 45,9%, rotasi 60° terhadap sumbu X, responden memilih “Setuju” sebesar 42,1%.

Pukulan Hook hasil modifikasi dengan merotasi tulang siku terhadap sumbu X sebesar 15° dan rotasi terhadap sumbu Y sebesar 45° menggunakan kurva linear bezier dan rotasi terhadap sumbu X sebesar 60° menggunakan kurva kuadratik bezier. Dari hasil pengujian tersebut didapat rotasi 15° terhadap sumbu X, responden memilih “Sangat Setuju” sebesar 54,1%, rotasi 45° terhadap sumbu Y, responden memilih “Kurang Setuju” sebesar 36,8%, rotasi 60° terhadap sumbu X, responden memilih “Kurang Setuju” dan “Tidak Setuju” sebesar 24,3%.

5.2 Saran

Setelah dilakukan penelitian, untuk para peneliti selanjutnya yang tertarik untuk memodifikasi data mocap yaitu BVH. Peneliti menyarankan animasi gerakan yang dibangkitkan memiliki emosi seperti pada penelitian (Unuma. M., 1995).

DAFTAR PUSTAKA

- Chenney, S. P. (2002). Simulating Cartoon Style Animation. *Proceedings of Non-Photorealistic Animation and Rendering (NPAR)*, (hal. 133-138).
- Hyun-Sook Chung, Y. L. (2004). MCML: motion capture markup language for integration of heterogeneous motion capture data. *Computer Standards & Interfaces*, (hal. 113– 130).
- Ji-yong, K. &.-K. (2007). Rubber-like exaggeration for Character Animation. *Proc. of Pacific Graphics 2007, IEEE Publishing Ltd*, (hal. 18-26). Maui, Hawaii, U.S.A.
- Kim, J.-H. C.-J.-K. (2006). Anticipation Effect Generation for Character Animation. *Proceedings of CGI (Computer Graphics International Conference) 2006 (LNCS 4035)*, (hal. 639-646). Hangzhou, China,.
- Kim, M. N. (2009). Interactive Editing of Motion Style Using. *Proc. ACM SIGGRAPH/Eurographics Symp. Computer Animation '09*, (hal. 103-112).
- Lasseter, J. (1987). Principles of traditional animation applied to 3d computer animation. *In Proceedings of ACM SIGGRAPH '87*, (hal. 35-44).
- Meredith, M. &. (2001). *Motion Capture File Formats Explained*. Departement of Computer Science, University of Sheffield 211 Portobello Road, Sheffield, SI4DP.
- Unuma. M., A. K. (1995). Fourier Principles for Emotion-based Human Figure Animation. *Proceedings of IGGRAPH 1995, ACM Press.*, (hal. 91-96).
- Williams, A. B. (1995). Motion Signal Processing. *Proc. ACM SIGGRAPH*, (hal. 97-104).
- ZORDAN, V. B. (2002). Motion capture driven simulations that hit and react. *ACM SIGGRAPH / Eurographics Symposium on Computer Animation*, (hal. 89-96).

BIOGRAFI PENULIS



Aidil Primasetya Armin, lahir di Samarinda, 4 Agustus 1987. Mengenyam pendidikan dasar di SD Muhammadiyah 3 Samarinda dan SDN Ketintang 3 Surabaya, lalu melanjutkan ke SMPN 1 Samarinda dan SMAN 3 Samarinda. Tahun 2005 menempuh pendidikan D3 Teknologi Informasi Politeknik Negeri Samarinda dan lulus tahun 2008. Setelah menyelesaikan tahap Diploma meneruskan tahap Sarjana di Teknik Telekomunikasi PENS-ITS dan lulus pada tahun 2012. Penulis meneruskan pendidikan Magister pada tahun 2012 di ITS Surabaya dengan mengambil bidang studi Jaringan Cerdas Multimedia dan mempelajari bidang keahlian Teknologi Permainan dan menyelesaikannya pada tahun 2015.

Contact person :

Telpon : 0856-4500-8629

Email : aidil.pa@gmail.com

“Lebih Baik Gagal Dari Pada Tidak Mencoba Sama Sekali”